UNTERSUCHUNGEN ZUR ABTÖTUNG VON SALMONELLA TYPHIMURIUM AUF DER SCHALE VON HÜHNERBRUTEIERN MIT HEISSLUFT

SILVIA PFLÜGER

Diss. München
1984

CASE
LIBRARY

Aus dem Institut für Geflügelkrankheiten
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof.Dr.Josef Kösters

UNTERSUCHUNGEN ZUR ABTÖTUNG VON SALMONELLA TYPHIMURIUM AUF DER SCHALE VON HÜHNERBRUTEIERN MIT HEISSLUFT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Silvia Pflüger
aus
Ansbach/Mittelfranken

München 1983

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Dekan: Prof. Dr. W. Leidl

Referent: Prof. Dr. J. Kösters

Korreferent: Prof. Dr. H. Mahnel

Tag der Promotion: 24. Februar 1984

Herstellung: Hieronymus Buchreproduktions GmbH, München

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung und Problemstellung	1
2.	Literatur	2
2.1	Die primäre Infektion des Eies durch Salmonellen	2
2.2	Die sekundäre Infektion des Eies durch Salmonellen	2
2.3	Abwehrmechanismen des Eies	4
2.4	Verfahren zur Dekontamination von Bruteiern	6
2.5	Hitzetenazität von Keimen (bes.Salmonellen)	13
2.6	Der Einfluß von Hitze auf die Bestandteile des Eies	18
3.	Material und Methodik	22
3.1	Material	22
3.2	Methodik	22
3.2.1	Versuchsplan und Durchführung der Messungen	22
3.2.2	Statistik	28
4.	Ergebnisse	29
4.1	Die Erhitzung des Eies durch Anwendung von Heißluft.	29
4.2	Schlupfraten nach Erhitzung der Eier	35
4.3	Kontaminationsrate der mit Salmonellen infizierten Eier am 7. Tag nach der In - fektion	36
5.	Diskussion	37
6.	Zusammenfassung	41
	Summary	42
	Resumen	43
7.	Anhang	44
8.	Literaturverzeichnis	69

Inhaltsverzeichnis Seite

1. Einleitung und Problemstellung 1
2. Literatur 2
2.1 Die primäre Infektion des Eies durch Salmonellen 2
2.2 Die sekundäre Infektion des Eies durch Salmonellen 2
2.3 Abwehrmechanismen des Eies 4
2.4 Verfahren zur Bekontamination von Bruteiern 6
2.5 Mitsenzsitzt von Salmon (bzw. Salmonellen) 11
2.6 Der Einfluß von Hitze auf die Bestandteile des Eies 8
3. Material und Methodik 12
3.1 Material 12
3.2 Methodik 12
3.2.1 Versuchsplan und Durchführung der Messungen 22
3.2.2 Statistik 25
4. Ergebnisse 29
4.1 Die Erhitzung des Eies unter Anwendung von Heißluft. 29
4.2 Schlupfraten nach Erhitzung der Eier 35
4.3 Kontaminationsrate der mit Salmonellen infizierten Eier am 7. Tag nach der Infektion 38
5. Diskussion 37
6. Zusammenfassung 41
Summary 42
Resumen 43
7. Anhang 44
8. Literaturverzeichnis 49

1. Einleitung und Problemstellung

In den letzten Jahren ist weltweit eine steigende Anzahl von Salmonellenerkrankungen des Menschen zu verzeichnen. Als Ursache hierfür wurde häufig der Verzehr von Geflügelprodukten erkannt.

Um eine Kontamination des Geflügels mit Salmonellen zu vermeiden, muß bereits die Bruthygiene eine Bekämpfung dieser Keime einschließen.

Zur Zeit steht hierfür die Begasung des Brutgutes mit Formaldehyd an erster Stelle. Sie hat jedoch den Nachteil, daß durch sie nur eine oberflächliche Dekontamination erreicht wird, und Keime, die die Eischale bereits durchdrungen haben, nicht abgetötet werden können. Zudem wird ihre Anwendung in neuester Zeit wegen möglicher gesundheitlicher Schäden des Brütereipersonals als bedenklich angesehen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Möglichkeit einer Dekontamination der Eischale mittels Heißluft überprüft, mit dem Ziel, eine sekundäre Infektion des Bruteies durch Salmonellen zu verhindern.

2. Literatur

2.1 Die primäre Infektion des Eies durch Salmonellen

Sie kann durch eine germinative Infektion der Follikel am Eierstock oder des Eiweißes, ausgehend von der Schleimhaut des Eileiters, geschehen (LANG 1958).

Die vertikale Übertragung erfolgt bei einer klinisch gesunden Zuchtherde nur sehr selten, da durch Salmonella typhimurium infizierte Follikel in der Regel durch degenerativ entzündliche Prozesse in ihrer Entwicklung gehindert werden und nicht zur Ovulation kommen (LUCAS et al. 1970, MATTHES & HANSCHKE 1977). So konnten auch ELLEMANN u. TERP 1959 bei der Untersuchung von Eiern aus mit S.typhimurium infizierten Beständen nur bei 0,4 % der Eier die Keime in Schale und Eiinhalt nachweisen, während bei KÖHLER et al. (1979) die Infektionsrate der Brut ca. 1 % betrug.

Die vertikale Übertragung ist vor allem von S.gallinarum bekannt; bei dieser Salmonellenart wurde diese Übertragungsweise auch erstmals festgestellt (BEAUDETTE et al. 1923, BURR & HELMBOLDT 1962).

2.2 Die sekundäre Infektion des Eies durch Salmonellen

Bei der Übertragung von Krankheitserregern durch das Brutei spielen Keime, die sich ursprünglich außerhalb des Eies auf der Schale befinden, eine sehr große Rolle.

So können z.B. die Salmonellen, die eine Größe von 0,5 - 1,5 µm besitzen, ins Eiinnere gelangen (GEISSLER 1981). Sie benützen hierbei die trichterförmigen Poren der Eischale (7000 - 17000/Ei), deren Öffnungen nach außen einen Durchmesser von 15 - 65 µm und nach innen einen Durchmesser von 6 - 23 µm aufweisen (SIMKISS & TAYLOR 1971).

Das Eindringen ins Eiinnere wird den Salmonellen durch folgende Faktoren erleichtert:

2.2.1 Abkühlung des Eies nach dem Legen, wodurch im Inneren des Eies ein Sog entsteht (GEISSLER 1981).

2.2.2 Temperaturen um 37°C (siehe Tabelle 1)

2.2.3 Längere Lagerung der Eier (WRIGHT & FRANK 1956; KYTI et al. 1968).

2.2.4 Hohe rel.Luftfeuchtigkeit (STOKES et al. 1956; ELLEMANN & TERP 1959; WILLIAMS et al. 1968; SIMMONS et al. 1970).

2.2.5 Dünne und/oder poröse Eischalen (WRIGHT & FRANK 1956; SAUTER & PETERSON 1967).

2.2.6 Schalendefekte (MILLER & CRAWFORD 1953; ELLEMANN & TERP 1959; WILLIAMS et al. 1968; SLAVKOV & VAPCAROVA 1970).

2.2.7 Infektion bestimmter Schalenregionen; hierbei bietet der stumpfe Pol des Eies den geringsten, der spitze Pol den höchsten Widerstand gegen eine Penetration (VADEHRA et al 1970 a).

Tabelle 1

Penetrationszeiten verschiedener Salmonellen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (nach WILLIAMS et al. 1968).

Autor	Salmonellensp.	T	Penetrationszeit
LANGE (1907)	S.typhi S.paratyphi S.enteritidis	37°C	2 Tage
STOKES et al. (1956)	S.oranienburg S.montevideo S.typhimurium	29°C	5 Tage
ELLEMANN (1959)	S.typhimurium	4°C 15°C 30°C	neg.nach 2 Monaten 18 Tage 4 Tage
BROWN et al. (1965)	S.derby	Zimmer-T.	21 Tage
WILLIAMS (1968)	S.typhimurium	37°C	1 Std.-5 Tage

Unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Punkte 2.2.2 und 2.2.4 kann man feststellen, daß das Klima im Brutschrank (T = 37-38°C, Luftfeuchte = 50-60 % bzw. im Schlupfbrüter 80 %) optimale Bedingungen für die Vermehrung der Salmonel - len auf der Schale oder im Innern des Brutgutes schafft (GROSSKLAUS 1979).

Für folgende Keime ist die sekundäre Infektion des Eiinnern nach - gewiesen:

S.anatum, S.bareilly, S.derby, S.gallinarum, S.kentucky, S.le - xington, S.montevideo, S.newport, S.oranienburg, S.thompson und S.typhimurium (BUXTON & GORDON 1947; BIGLAND & PAPAS 1953; LAN - CASTER & CRABB 1953; STOKES et al. 1956; WRIGHT & FRANK 1956; Van der ESCHE & HANDLOSER 1958; ELLEMANN & TERP 1959; BROWN et al. 1965; RIZK et al. 1966; SAUTER & PETERSON 1967; WILLIAMS et al. 1968; SAVOV 1970; SLAVKOV & VAPCAROVA 1970; WEDRAL et al. 1971).

2.3 Abwehrmechanismen des Eies

Dem Ei stehen verschiedenartige Möglichkeiten der Keimabwehr zur Verfügung. Diese kann man in morphologische Schutzeinrichtungen und antibakterielle Faktoren des Eiweißes unterteilen.

2.3.1 Morphologische Schutzeinrichtungen

Die Cuticula

Die Cuticula ist der angetrocknete Schleimfilm, der durch die Drü - sen des Eihälters produziert wird, um dem Ei die notwendige Schlupfigkeit beim Durchtritt durch die Kloake zu verleihen. Die - ses Häutchen besitzt eine sehr unterschiedliche Stärke (durch - schn. 10 µm) und wirkt als erste Barriere gegen das Eindringen von Keimen durch die Schale (ROMANOFF & ROMANOFF 1949; SIMONS & WIERTZ 1963; SIMKISS 1968). Der Schutz durch die Cuticula soll je - doch nur auf wenige Tage (mindestens aber auf 96 h) beschränkt sein (VADEHRA et al. 1970 b). Es wird angenommen, daß es als Drü - senprodukt u.a. auch IgA enthält.

Die Schale

Das Calcit der Schale ist für Bakterien zwar undurchlässig, aber auf Grund des Vorhandenseins von Poren ist eine Bakterienpassage möglich (GILBERT 1971). SCHWARZ und NEURAND konnten 1972 nachwei -

sen, daß die Schale keine besondere Schutzwirkung gegen bakterielle Penetration in das Eiinnere besitzt.

Die äußere Schalenhaut

Diese soll eine noch geringere Schutzwirkung als die Kalkschale besitzen (LIFSHITZ & BAKER 1964; LIFSHITZ et al. 1964; BROWN et al. 1965).

Die innere Schalenhaut

Sie bietet die wirksamste Abwehr gegen das Eindringen von Keimen in das Eiinnere. Sie besitzt eine Struktur aus dichtem, feinem Netzwerk und wirkt somit als Bakterienfilter (MASSHOF & STOLPMAN 1961; SIMONS & WIERTZ 1963; LIFSHITZ & BAKER 1964).

2.3.2 Antibakterielle Faktoren des Eiweißes

Lysozym

Bei diesem Enzym handelt es sich um eine N-Acetylhexosaminidase (BOARD 1970). Es spielt die wichtigste Rolle bei der Abwehr gram-negativer Keime und bewirkt eine Lysis ihrer Zellwand (BOARD 1966).

Conalbumin

Dieses Glycoproteid bindet Eisen, Kupfer und Zink in Chelatform und macht diese Metallionen dadurch für die Mikroorganismen unverfügbar (GARIBALDI 1960; BROWN et al. 1965; BOARD 1966).

Ovomacroglobulin

Es besitzt ein weites Spektrum immunologischer Kreuzreaktivität und wirkt gegenüber Mikroorganismen stark immunisierend (MILLER & FEENEY 1964).

Ovomucoid

Es stellt einen Trypsininhibitor dar und hemmt somit proteolytische Vorgänge (GARIBALDI 1960; BOARD 1966 u. 1970).

Avidin

Dieses entzieht den Bakterien Biotin als Wachstumsfaktor (GARIBALDI 1960; BOARD 1966 u. 1970).

Als zusätzliche bakterizid wirkende Bestandteile des Eiweißes können außerdem das Riboflavin, Apoprotein, Ovoinhibitor, Immun-Globulin A 1 und A 2, Glucose und ein niedriger Gehalt an NPN genannt werden (GARIBALDI 1960; FEENEY et al. 1963; BOARD 1966 und 1970). Hinzu kommt noch der hohe pH - Wert des Eiweißes, der zum Legezeitpunkt 7,6 - 7,8 beträgt und durch CO_2 - Verlust auf pH 9,1 - 9,3 ansteigt (GARIBALDI 1960; BOARD 1970).

2.4 Verfahren zur Dekontamination von Bruteiern

Aufgrund der auftretenden oberflächlichen Kontamination von Bruteiern, die zu sekundärer und nach dem Schlupf auch zu horizontaler Infektion des Brutgutes führt (GEISSLER 1981), sind verschiedene Verfahren zur Bekämpfung dieser Keime erprobt und entwickelt worden.
Man kann diese in die beiden Hauptgruppen Trocken- und Naßverfahren unterteilen.

2.4.1 Trockenverfahren

2.4.1.1 Heißluft

1970 versuchte YODER die Inaktivierung von Mycoplasmen in Hühnereiern, indem er diese in einem Inkubator 11 - 15 Stunden erhitzte, bis im Eiinnern eine Temperatur von 43 - 46°C herrschte. Die Schlupfrate sank hierbei um 8 - 12 %.
SPECK stellte 1974 bei einem Vergleich der Wärmebelastbarkeit von Bruteiern mit der Wärmebelastbarkeit von Mycoplasma gallisepticum fest, daß die Bruteier wärmeresistenter sind als die Mycoplasmen. Bei den wenigen durchgeführten Versuchen zur Erhitzung von Schaleneiern zum Zwecke der Keimzahlreduktion fehlt es sowohl an exakten quantitativen Angaben über die Keimverminderung

und die Beeinflussung der Eiproteine als auch bezüglich der Mög - lichkeit des Platzens nicht intakter Eischalen infolge Hitze - einwirkung. Außer den Mycoplasmen bieten sich noch die Salmo - nellen für eine Bekämpfung mittels Heißluft an, da diese eben - falls zu den hitzeempfindlichen Keimen zu zählen sind (SCHEIB - NER und FEHLHABER 1976).
Der Vorteil der Anwendung von Heißluft liegt in ihrer völligen Unschädlichkeit bei der Anwendung, d.h. sie ist nicht giftig, bildet keine Rückstände und belastet somit die Umwelt nicht (STUTZ 1968).

2.4.1.2 Ultraschall

Natürlich verschmutzte Eier können durch Ultraschall auf der Ober - fläche wirksam gesäubert werden (DAWSON et al. 1962), jedoch be - steht die Gefahr, daß durch die Druckwellen Bakterien und Pilze ins Eiinnere gepreßt werden (ALLS et al. 1964).

2.4.1.3 UV - Strahlung

Ihre Anwendung für eine wirksame Eischalendesinfektion erfordert einen sehr hohen technischen Aufwand (ROHDE & REJALL 1960). Ihre Eindringungstiefe ist nur gering (BARTH et al. 1980).

2.4.1.4 Begasung

Sie stellt die zur Zeit am häufigsten angewendete Methode der Bruteidesinfektion das (DORN 1962; GEISSLER 1981). Voraussetzung hierfür ist ein Begasungsraum, der luftdicht abgeschlossen wer - den kann. Die Eier werden direkt nach dem Sammeln in die Bega - sungskammer verbracht und dort begast. Nach dem Eintreffen der Eier in der Brüterei erfolgt nochmals eine Begasung, bevor das Brutgut in den Vorbrüter eingelegt wird. Die Begasung kann, außer an den ersten drei Tagen der Bebrütung (wegen der hohen Empfind - lichkeit der Keimscheibe in diesem Zeitraum), jederzeit während der Bebrütung wiederholt werden (MÜLLER 1966; GEISSLER 1981).

Während des Schlupfes kann sie, solange die Küken noch feucht sind, zur Verhinderung aerogener Infektionen Anwendung finden (GERRIETS 1961; MÜLLER 1966). Nach GEISSLER (1981) soll zur Zeit des Schlupfes keine Begasung vorgenommen werden.
Zur Begasung werden folgende Mittel angewendet:

2.4.1.4.1 Formaldehyd

Die Begasung von Bruteiern mit Formaldehyd stellt zur Zeit die sicherste Methode zur Reinigung von Bruteiern dar (DORN 1962; SCHOLTYSSEK 1968). Hierbei ist jedoch zu bedenken, daß eine Desinfektion des Eiinneren nicht erreicht wird (BAXTER-JONES & WILDING 1982 b). Pro m^3 Rauminhalt werden 21 ml 40 %iges Formalin mit 17 g Kaliumpermanganat und 21 ml Wasser versetzt (GEISSLER 1981). Das Formaldehyd wird als Gas frei. Die optimale Begasungszeit beträgt 30 Minuten (GERRIETS 1961; MÜLLER 1966; HEIDER 1972; HÜTTNER 1973; GEISSLER 1981). Im Raum selbst soll eine Temperatur von 18 - 22°C herrschen bei einer rel. Luftfeuchtigkeit von 50 - 60 % (DORN 1962) bzw. 60 - 75 % (GEISSLER 1981).

Eigenschaften des Formaldehyds

Das Formaldehyd ist ein Protoplasmagift. Es besitzt eine hohe Reaktionsfähigkeit mit den funktionellen Gruppen der Proteine und führt zu deren Denaturierung und Koagulation (HEMANN 1972). Hierbei reagiert das Aldehyd mit den Amino-, Carboxy-Sulfhydril- und phenolischen OH - Gruppen der Proteine (FRAENKEL-CONRAT 1944; PHILLIPS & WARSHOWSKY 1958). Die offizinelle Solutio Formaldehydi und die handelsüblichen Präparate führen beim Menschen selbst in 1 - 2 %iger Konzentration bei versehentlicher oraler Einnahme zu schweren Nekrosen der oberen Verdauungswege und oftmals nach Stunden zu Magenperforation und Exitus (HEMANN 1972). Auch Kreislaufkollaps und Leberschäden können infolge oraler Einnahme auftreten (BÖHMER 1934; STEIGMANN & DOLEHIDE 1956). Bei der Inhalation von Dämpfen werden Augen, Nase und der obere Respirationstrakt angegriffen. Es kann zu Larynxödemen oder -spasmen kommen, sowie zu einer obstruktiven Tracheobronchitis (ELY 1910).

Der rote Blutfarbstoff geht bei Berührung mit Formaldehyd z.T. in braunes Met-Hämoglobin über.
In der Niere kann es zu Kalkinfarkten kommen (LEWIN 1962). Konzentrationen von 0,5 - 1 ppm sind für den Geruchssinn wahrnembar, während eine 2 - 3 ppm starke Konzentration bereits milde Entzündungserscheinungen hervorrufen kann (DOULL et al. 1980). Der MAK Wert ist auf 1 ppm festgesetzt (MOSCHLIN 1980).
Bei einer Untersuchung von 2070 Versuchspersonen bzgl. einer vorhandenen Überempfindlichkeit gegenüber Formalin traten nach BOSSI et al. (1965) bei 1,6 % der Untersuchten allergische Reaktionen auf. Nach EBERHARTINGER und EBNER (1964) stellt Formalin eines der häufigsten Kontaktallergene dar.
Das vermutete Vorliegen einer teratogenen oder kanzerogenen Wirkung (SITTIG 1981) konnte durch neuere Untersuchungen nicht bestätigt werden (EMAS, du PONT 1982). Eine Neutralisierung des Formalins wird durch Ammoniak erreicht. Dies kann nach dem Begasen der Bruteier in Form von 26 %igem Ammoniumhydroxid geschehen (GEISSLER 1981).

2.4.1.4.2 Dazomet

In Australien wurde 1976 von PEEL und SIMMONS der Versuch unternommen, Bruteier, die künstlich mit S.bredeney und S.typhimurium infiziert worden waren, mit dem Nematizid Dazomet (3,5 Dimethyl - tetrahydro- 1,3,5 thiadizin - 2 - thion) zu desinfizieren. Die Ergebnisse bzgl. der Eliminierung der Keime, besonders derer, die sich bereits innerhalb der Schale und Schalenmembranen befanden, waren wegen der zu geringen Penetrationsfähigkeit des Gases unbefriedigend.

2.4.2 Naßverfahren

2.4.2.1 Tauchverfahren oder auch "Dipping" genannt

Hierbei werden die Eier in Desinfektionsmittel- oder Antibiotikumlösungen (s.u.) getaucht. Die Lösungen müssen aufgrund der

nachlassenden Wirksamkeit infolge Verschmutzung und Eiweißfehler täglich neu angesetzt und/oder gefiltert werden (WOERNLE 1978). Als Variationen sind das Temperaturdifferenz- und das Druckdif - ferenzverfahren zu nennen.

Beim Temperaturdifferenzverfahren werden die Eier im Brutschrank 4 h auf 37 °C vorgewärmt und anschließend in eine 4 °C kalt Des - infektionslösung (s.u.) getaucht. Infolge der entstehenden Abnahme des Drucks in der Luftkammer wird die Tauchflüssigkeit durch die Poren der Eischale ins Ei gesaugt (VOETEN 1966).

Beim Druckdifferenzverfahren werden die Bruteier ca. 5 Minuten lang in einem Druckkessel bei einem Unterdruck von 300 mm Hg (Quecksilbersäule) in einer Antibiotikumlösung (s.u.) gehalten (VOETEN 1966; BORGMANN 1973). Durch Druckausgleich wird die Anti - biotikalösung durch die Schalenporen in das Eiinnere gesaugt. Hier - bei besteht jedoch die Gefahr, daß das Schlupfergebnis sinkt, die Frühsterblichkeitsrate unter den Küken ansteigt (SAIF et al. 1970), und sich antibiotikumresistente Stämme entwickeln können (ROLLE & MAYR 1978).

Beim einfachen Warmwasserbad werden die Bruteier 11 - 14 Stunden einer Temperatur von 45,6 - 47,2 °C ausgesetzt, wobei die Schlupf - rate um etwa 5 % sinkt.
Dieses Verfahren hat sich bei Mycoplasma synoviae bewährt (WOERNLE 1978).

2.4.2.2 Sprühverfahren

Die Eier werden mit Desinfektionsmitteln (s.u.) besprüht. An - schließend wird mit 38 °C warmem Wasser nachgespült (WOERNLE 1978).

2.4.2.3 Injektionsverfahren

Ein Antibiotikum (s.u.) wird vor Brutbeginn in die Luftkammer bzw. am 4. - 5. Bruttag in den Dottersack injiziert. Das Schlupfergeb - nis kann darunter leiden (LANDGRAF & VIELITZ 1969).

Als Desinfektionsmittel für die Naßverfahren kommen nur wenige in Frage und sind nach Durchdringen der Kalkschale für den Keimling toxisch. Quaternäre Ammoniumbasen können in einer Konzentration von 125 - 250 ppm angewendet werden (LANDGRAF & VIELITZ 1969; ADLER et al. 1979; GEISSLER 1981).

Für das Tauch- und Sprühverfahren wird der Einsatz von 0,2 - 0,4 %iger Peressigsäure empfohlen (HEIDER 1972; GEISSLER 1981).

Antibiotika finden beim Injektionsverfahren Anwendung. Von diesen spielt bei der Bekämpfung der Mykoplasmen das Tylosin eine Rolle (LANDGRAF & VIELITZ 1969), das in einer Konzentration von 2500 ppm auch beim Druckdiff.-Verfahren angewendet werden kann(VOETEN 1966).

SNOEYENBOS und CARLSON (1973) versuchten die Wirksamkeit von Gentamycin bei der Salmonellen- und Arizonainfektion des Eies zu überprüfen; aber selbst embryonentoxische Mengen von injiziertem Gentamycin konnten die Bakterien nicht abtöten.

2.4.3 Wirkungsgrad von Trocken- und Naßverfahren

Den Wirkungsgrad der beiden Verfahren erprobten BAXTER - JONES und WILDING (1982 a). Sie verwendeten hierbei Formaldehydbegasung, warme quaternäre Ammoniumlösung, Formalin und Warmwasser.

Die Ergebnisse bei der Bekämpfung der Salmonellen künstlich infizierter Eier zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2 Wirksamkeit verschiedener Ei-Desinfektionsverfahren auf S.typhimurium (BAXTER-JONES & WILDING 1982)

Vers.1

Behandlung	Eizahl	S.inf.Eier	S.inf.Eier in %
keine	50	47	94
900 ppm Quat 40°C 2 - 3 min	50	32	64
1 %ige HCHO Lsg. 40°C 2 - 3 min	50	32	64
HCHO Begasung	50	30	60

Infektionslösungskonz. 2 x 10^3 Keime/ml, Einwirkungszeit 1 Std.

Vers.2

Behandlung	Eizahl	S.inf.Eier	S.inf.Eier in %
keine	30	21	69
900 ppm Quat 40°C 2-3 min	30	25	82,5
900 ppm Quat 40°C 2 - 3 min + anschl. 900 ppm Quat 10°C 5 min	30	15	50

Infektionslösungskonz. 5 x 10^3 Keime/ml, Einwirkungszeit 1 Std.

Vers. 3

Behandlung	Eizahl	S.inf.Eier	S.inf.Eier in %
keine	37	25	67
Wasser 60°C 30 Sek.	39	30	77
Wasser 60°C 60 Sek.	39	13	33
Wasser 60°C 90 Sek.	37	7	19
Wasser 60°C 60 Sek.,dann 5 Min. in 1%iger HCHO Lsg. von 18°C	40	0	0

Infektionslösungskonz. 5 x 10^2 Keime/ml, Einwirkungszeit 1 Std.

Vers.4

Behandlung	HCHO %	Eizahl	S.inf.Eier	S.inf.Eier in %
keine		40	31	77,5
Wasser 60°C 60 Sek., dann 5 Min. in HCHO Lsg.von 10°C	0,5	40	6	15,0
	1,0	40	1	2,5

Infektionslösungskonz. 5 x 10^3 Keime/ml, Einwirkungszeit 1 Std.

2.5 Hitzetenazität von Keimen (bes. Salmonellen)

Üblich ist die Anwendung von Hitze zur Bekämpfung von Keimen in der Milch mittels Pasteurisierung. Hierbei werden jedoch nicht alle Bakterien abgetötet (SINELL 1980).
DAVIS und DULBECCO (1972) sprechen bei der Durchführung der Dauer - erhitzung (Zeitraum = 30 Minuten) mit einer Temperatur von 62,8°C von einer Keimreduktion, die zwischen 97 und 99 % liegt. Nach WUNDT (1961) müssen hingegen, um Salmonellen vollständig abzutöten, Temperaturen von 55°C eine Stunde lang bzw. von 60°C nur eine hal - be Stunde lang wirksam sein.
Nach REWO und SCHUKOWA (1963) ist, um das Geißel- oder H-Antigen von S.typhimurium zu zerstören, eine Temperatur von 60°C für den Zeitraum von 30 - 60 Minuten nötig.
SCHMIDT-LORENZ (1959) fand bei der Erhitzung von S.senftenberg, S.thompson und S.typhimurium in Trockenvollei folgende Abtötungszeiten heraus:

für	75°C	-	142	Minuten
für	85°C	-	12	Minuten
für	100°C	-	0,3	Minuten

SCHEIBNER und FEHLHABER (1976) überprüften die Hitzeinaktivierung von Mikroben der Eischale mittels heißem Wasser und erhielten bei einem natürlichen Keimgehalt der Schale bei Temperaturen von 78 - 80°C für die Dauer von 10 Sekunden durchschnittliche Inaktivierungsraten von 98,9 - 100 %. Diese Versuche wiederholten sie mit Eiern, deren Schalen künstlich mit S.typhimurium infiziert worden waren und erhielten ähnliche Ergebnisse (siehe Tabellen 3 und 4).

Die Absterbezeiten von S.typhimurium in Eiklar und Dotter aufge - schlagener Hühnereier ermittelten GARIBALDI et al. 1969 in einem Temperaturbereich von ca. 54 - 66,8°C.
Die Werte sind aus Abbildung 1 ersichtlich.

Tabelle 3 Hitzeinaktivierung von natürlich auf der Schale aus - sortierter Hühnereier vorkommenden Mikroben (SCHEIDNER & FEHLHABER 1976)

a) Tupferabstrichmethode

Eier (n)	Behandlung der Eier Temp. (°C)	t (s)	durchschn. Zahl der Bakt./Abstr.	durchschn. Abtötungs-rate (%)
130	78	10	2,8	99,51
231	78	15	3,1	99,45
30	79	10	0,5	99,91
290	80	10	1,3	99,77
173	82	10	2,0	99,65
864	nichterhitzte Kontrollen		567,1	-

b) Bouillonabschwemm-Methode

Eier (n)	Behandlung der Eier Temp. (°C)	t (s)	durchschn. Zahl der Bakt./Ei	durchschn. Abtötungs-rate (%)
300	78	10	167,0	99,25
100	78	15	59,4	99,73
100	80	5	873,7	96,08
200	80	10	478,6	97,86
55	82	10	100,0	99,55
50	82	5	50,0	99,78
633	nichterhitzte Kontrollen		22219,1	-

Abstr. Abstrich

Tabelle 4 Hitzeinaktivierung von Mikroben auf der Schale S.-typhimurium-kontaminierter Hühnereier (SCHEIDNER & FEHLHABER 1976)

a) Tupferabstrichmethode

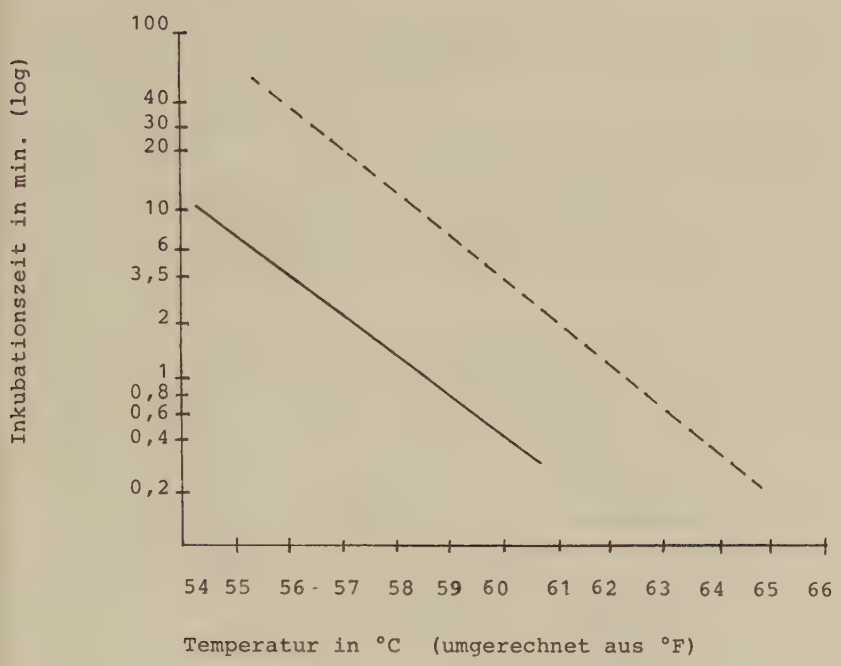
Eier (n)	Behandlung der Eier Temp. (°C)	t (s)	durchschn. Zahl der Bakt./Abstr.	durchschn. Abtötungs-rate (%)
63	78	10	0,0	100,00
247	78	15	0,9	99,84
148	79	10	0,5	99,91
55	80	10	0,3	99,92
158	82	10	6,2	98,92
662	nichterhitzte Kontrollen		570,6	-

b) Bouillonabschwemm-Methode

Eier (n)	Behandlung der Eier Temp. (°C)	t (s)	durchschn. Zahl der Bakt./Ei	durchschn. Abtötungs-rate (%)
298	78	10	188,7	99,93
150	78	15	173,6	99,94
40	80	5	75,0	99,97
311	80	10	104,1	99,96
100	82	10	480,0	99,84
40	82	5	100,0	99,96
715	nichterhitzte Kontr.		288824,8	-

Abstr. Abstrich

Abb. 1 Thermale Abtötungskurve für S.typhimurium Tm-1 in Eiklar (——) und Dotter (------). (GARIBALDI et al. 1969).



Bei der Erhitzung von Eiern zur Abtötung von Keimem ist allgemein zu beachten, daß aufgrund der verschiedenen pH-Werte des Eiklars frischer und gelagerter Hühnereier die Hitzeempfindlichkeit der Keime stark variieren kann (CORRY & BARNES 1967) (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5 Hitzeresistenz von S.typhimurium in Abhängigkeit vom pH-Wert (CORRY & BARNES 1967)

T (°C)	Medium	pH	Gruppe	Tage nach der Eiablage	D-Wert (Sek.)	Ø D-Wert (Sek.)
55,5	frisches Alb.	8,15	D	0	60,0	60,0
		8,15	D	0	60,0	
	Alb. (7 Tage in der Schale bei 1°C auf - bewahrt)	9,10	A	-	26,3	26,3
		9,10	A	-	27,0	
		9,10	B	-	25,5	
56,7	frisches Alb.	7,97	E	0	37,5	39,3
		7,97	E	1	37,5	
		8,02	E	2	39,0	
		8,05	E	3	39,5	
		8,10	E	4	43,0	
	Alb. (7 Tage in der Schale bei 1°C auf - bewahrt)	9,10	B	-	15,0	13,75
		9,10	C	-	12,5	
57,8	frisches Alb.	8,15	F	0	18,0	14,1
		8,20	G	2	14,3	
		8,20	G	3	12,8	
		8,20	G	4	11,3	
	Alb. (7 Tage in der Schale bei 1°C auf - bewahrt	9,10	A	-	7,0	7,5
		9,10	A	-	7,5	
		9,10	A	-	8,0	
58,9	frisches Alb.	8,15	D	1	11,5	11,75
		8,15	D	2	12,0	

Alb. Eialbumin

Ø Durchschnittswert

Üblicherweise werden als Maß für die Reduzierung von Keimen durch Hitze der D- und z-Wert angegeben.

Der D-Wert gibt die Zeit an, die erforderlich ist, um eine Bakterienpopulation bei vorgegebener Temperatur auf ein Zehntel des Ausgangswertes zu vermindern.

Der z-Wert stellt diejenige Temperaturerhöhung dar, die nötig ist, um den D-Wert auf ein Zehntel zu verringern (SINELL 1980).

So ermittelten CORRY & BARNES (1967) z.B. für S.typhimurium bei einer Temperatur von 59°C und einem pH-Wert von 9,2 einen D-Wert von 0,15 und einen z-Wert von 4,2.

Die Abhängigkeit von pH-Wert und Hitzeempfindlichkeit der Keime wurde auch von COTTERILL (1967) beim Ermitteln der Pasteurisierungstemperatur für Salmonellen im Eiweiß berücksichtigt (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6 Erforderliche Pasteurisationstemperaturen für Eiweiß bei verschiedenen pH-Werten (COTTERILL 1967).

pH-Wert Eiweiß	°C Pasteurisationstemperatur
7,0	60,0
-	-
8,5	58,6
8,6	58,2
8,7	57,8
8,8	57,4
8,9	57,0
9,0	56,6
9,1	56,2
9,2	55,8
9,3	55,4
9,4	55,0

Erhitzungszeit: Vorerhitzung 0,5 Minuten bei 48°C.
Pasteurisationszeit 3,75 Minuten.

Die Anwendung von Hitze kann auch zu einer subletalen Schädigung von Keimen führen (TOMLINS & ORDAL 1976).
Diese Schädigung ist mit dem Abbau ribosomaler RNS und DNS sowie mit einer Herabsetzung der Enzymaktivitäten und mit Veränderungen der Transportkinetik und des Lipidgehaltes verbunden (PIETZSCH 1981).
Für die Wiederbelebung hitzegeschädigter S.typhimurium Keime erwiesen sich Laktat, Mannit und α - Glyzerolphosphat ebenso wie Tryptose-Soja-Bouillon, Proteose-Pepton- oder Plate-Count-Agar als besonders wirksame Nährstoffkomponenten bzw. -komplexe (D'AOUST 1978).
Extreme Empfindlichkeit besteht bei subletal geschädigten Bakterien gegenüber oberflächenaktiven Stoffen und Lysozym. Dies weist auf eine Schädigung der Zellwandstrukturen hin (PIETZSCH 1981).

Bei der Betrachtung der Wirkung von Hitze auf Mikroorganismen ist allgemein zu beachten, daß es einen großen Unterschied darstellt, ob feuchte oder trockene Hitze zur Anwendung kommt.
Der Wärmeinhalt feuchter Luft ist wesentlich höher als der der trockenen und die Feuchtigkeit läßt die Keime aufquellen, sodaß diese hitzeempfindlicher werden (STUTZ 1968).

2.6 Der Einfluß von Hitze auf die Bestandteile des Eies

2.6.1 Wirkung von Hitze auf die Eischale

Der Zusammenhang zwischen Eischalenfestigkeit, Feuchtigkeitsgehalt der Eischale und Umgebungstemperatur wurde 1981 von LOTT & REECE untersucht.
Es ergab sich, daß die Umgebungstemperatur (untersuchter T-Bereich 4 - 37°C) keinen bedeutsamen Einfluß auf die Eischalenfestigkeit besitzt, solange der Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft konstant ist. Bei gesteigerten Luftfeuchtigkeitswerten war die Bruchfestigkeit jedoch deutlich höher.

2.6.2 Wirkung von Hitze auf das Eiklar

SLOSBERG et al. (1948) haben beobachtet, daß der pH-Wert des Eiklars zur Zeit der Hitzebehandlung von großer Bedeutung ist und daß das Eiklar bei einem pH-Wert von 6,5 viel stabiler ist als bei pH 8,5. COTTERILL & WINTER (1954) fanden heraus, daß das Eiklar von erhitzten 7 Tage alten Eiern eine größere Trübung (optische Dichte) aufweist als jenes, das von frischen Eiern stammt. Sie schreiben diesen Anstieg der optischen Dichte dem höheren pH-Wert älterer Eier zu.

PAYAWAL et al. (1946) wiederum berichten, daß bei der Anwendung einer Momenterhitzung das Eiklar im Temperaturbereich von 58 - 62°C denaturiert wird. SLOSBERG et al. (1948) berichten hierzu, daß auch Temperaturen unter 57,9°C schädlich sind, wenn die Erhitzung nur lange genug dauert. SEIDEMANN et al. (1962) stellten fest, daß die optische Dichte und der Gelatinierungsgrad als Maß für die Koagulation des Eiklars in Abhängigkeit von seinem pH-Wert schwanken. Bei einer Erhitzung des Eiklars auf 58°C trat bei einem pH-Wert von 9,5 die Trübung am schnellsten ein, während ein pH-Wert von 8,75 diese Entwicklung am längsten hinauszögerte.
Für den Gelatinierungsgrad lag ein weiteres Maximum bei pH 7,75 und ein weiteres Minimum bei pH 6,0, wobei zu bedenken ist, daß bei pH 6,0 bereits eine völlige Trübung des Eiklars vorliegt, obwohl noch keine Gelatinierung eingetreten ist.
SHIMADA & MATSUSHITA (1980) verwendeten als Parameter der Veränderung des Eiklars durch Hitze (T = 80°C) die Eiweißtrübung und die Härte des Koagulums. Für die Trübung ermittelten sie, gemessen ab pH 11, einen Abfall bis zum Erreichen eines Plateaus bei pH 8, während sich das Koagulum bei pH 9,5 zu bilden begann. Die Härte des Koagulums erreichte ihr Maximum bei pH 8,5 und fiel stetig unterhalb dieses pH-Wertes.
Bei einer Erhitzung von Eiklar auf 60°C für 3 Minuten fällt bei einem pH-Wert $\geq$ 9 die Lysozymaktivität stark ab, während dies für Conalbumin im pH-Bereich $<$ 8 zutrifft (SEIDEMANN et al. 1962).

2.6.3 Wirkung von Hitze auf Dotter und Schlupffähigkeit

Im Rahmen der Bekämpfung von Mykoplasmen in Truthahneiern erhitzten JORDAN & AMIN (1978) Eier im Verlauf von 11,5 bis 12 Stunden unter linearem Temperaturanstieg von ca. 25°C bis 46,2°C und in einem Versuch bis 67,6°C. Das Erreichen einer Temperatur von 45,8°C im Eiinnern ließ die Schlupfrate um 8 - 12 % sinken (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7 Ergebnisse der vorerhitzten Eier, die bei lebenden Embryonen am 25. Tag der Inkubation und bei geschlüpften Truthahnküken erhalten worden waren (JORDAN & AMIN 1978).

Herde u. Probe	Bebrütete Eier		% leb.Embryonen 25. Tag		% leb.Embryonen		Ø T
	K	E	K	E	K	E	(°C)
A_1	928	928	91,2	90,1	71,5	60,4	46,2
A_2	910	910	90,1	85,2	78,6	65,2	46,5
A_3	894	886	87,4	80,9	76,4	66,3	47,0
A_4	886	886	85,1	39,1	77,7	32,1	47,2
B_1	880	880	83,1	48,3	75,2	47,1	47,6

Ø = Durchschnittswert
K = unerhitzte Kontrolle
E = erhitzte Eier

Dieses Ergebnis entsprach dem von YODER (1970), der Hühnereier bis auf 45,5°C im Verlauf von 12 - 14 Stunden erhitzte und dabei eine Verminderung der Schlupffähigkeit um 8 - 12 % registrierte. SPECK (1974) zeigte in seinen Untersuchungen, daß eine Behandlung der Bruteier mit 45°C für 4 Stunden keinen Einfluß auf die Schlupf - ergebnisse besitzt, und daß Temperaturen von 45°C - 48°C ausrei - chen, um Mykoplasmen im Zentrum des Bruteies abzutöten, ohne daß die Schlupfergebnisse unter 70% absinken (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8 Vergleich der im Eizentrum zur Verfügung stehenden Einwirkungszeit bei Schlupfergebnissen von 70,50 und 30 % mit der zur Abtötung von M.gallisepticum im Eidotter benötigten Zeit (SPECK 1974).

Zeit	Schlupf-ergebnis	Wärmebehandlung in °C 56	54	52	50	48	46	45
Abtötungszeit v. M.gallisepticum im Eidotter in min. (ohne Anstiegszeit)		0	8	20	22	28	67	135
Einwirkungszeit in min. (ohne Anstiegszeit)	70 %	-	-	-	-	33	97	175
	50 %	-	-	-	5	50	125	220
	30 %	-	-	-	13	66	150	225

Durch die Hitzebehandlung von Eigelb entstehen aus dem Choleste - rol des Dotters seine polaren Derivate, die in unerhitztem Zustand weniger als 5 % der Sterole ausmachen und nach erfolgter Erhitzung auf über 10 % ansteigen. Hierbei entstehen folgende Derivate:

7-Hydrocholesterol, 7-Ketocholesterol und 25-Hydroxycholesterol (NABER & BIGGERT 1980).

3. Material und Methodik

3.1 Material

3.1.1 Bruteier

Die Bruteier stammten von Salmonellen-freien Hennen einer institutseigenen Leghorn - Hybridlinie im zweiten Legejahr.
Es erfolgte weder eine Waschung der Eischalen, noch wurden sie mit chemischen Mitteln behandelt.
Die Eitemperatur entsprach der jeweils herrschenden Raumtemperatur.

3.1.2 Bakterienstamm

Es handelte sich um den Feldstamm S.typhimurium 870 - 82, der im Institut 1982 von einer Taube (Tgb. Nr. 884) isoliert worden war.

3.1.3 Nährmedien

Zur Voranreicherung und Zählung der Keime diente eine Bacto-Heart-Infusion Broth. (Fa. Difco - Nr. 0038-01-5).
Als Selektivanreicherungsmedium wurde Müller-Kauffmann-Tetrathionat-Bouillon (Fa. Oxoid - Code CM 343) verwendet und als Selektivnährboden der Brilliant Green Agar modified derselben Firma (Code CM 329).

3.1.4 Testserum

Hierfür wurde polyvalentes Salmonellentestserum (Salmonella-Testserum, polyvalent 1, Gruppen A - E 4, Behring, Nr. A 229822) für die Objektträgeragglutination genommen, um eine Abgrenzung gegen Enterobacter durchzuführen.

3.2. Methodik

3.2.1 Versuchsplan

Dieser gliederte sich in 3 Abschnitte.

In der ersten Versuchsanordnung sollte ermittelt werden, für welchen Zeitraum eine Erhitzung des Eies mittels Heißluft möglich ist, bis kritische Temperaturen in der Randzone Schale-Eiweiß bzw. im Dotter auftreten. Dabei wurden auch verschiedene relative Luftfeuchtigkeitswerte berücksichtigt.

Zum zweiten galt es herauszufinden, bis zu welchem Zeitpunkt der Erhitzung noch ein befriedigendes Schlupfergebnis zustande kommt.

Zuletzt sollte untersucht werden, ob die gefundenen möglichen Erhitzungszeiten ausreichen, die Salmonellen daran zu hindern, von der Schalenoberfläche ins Eiinnere vorzudringen.

Folgende Temperaturstufen wurden geprüft:

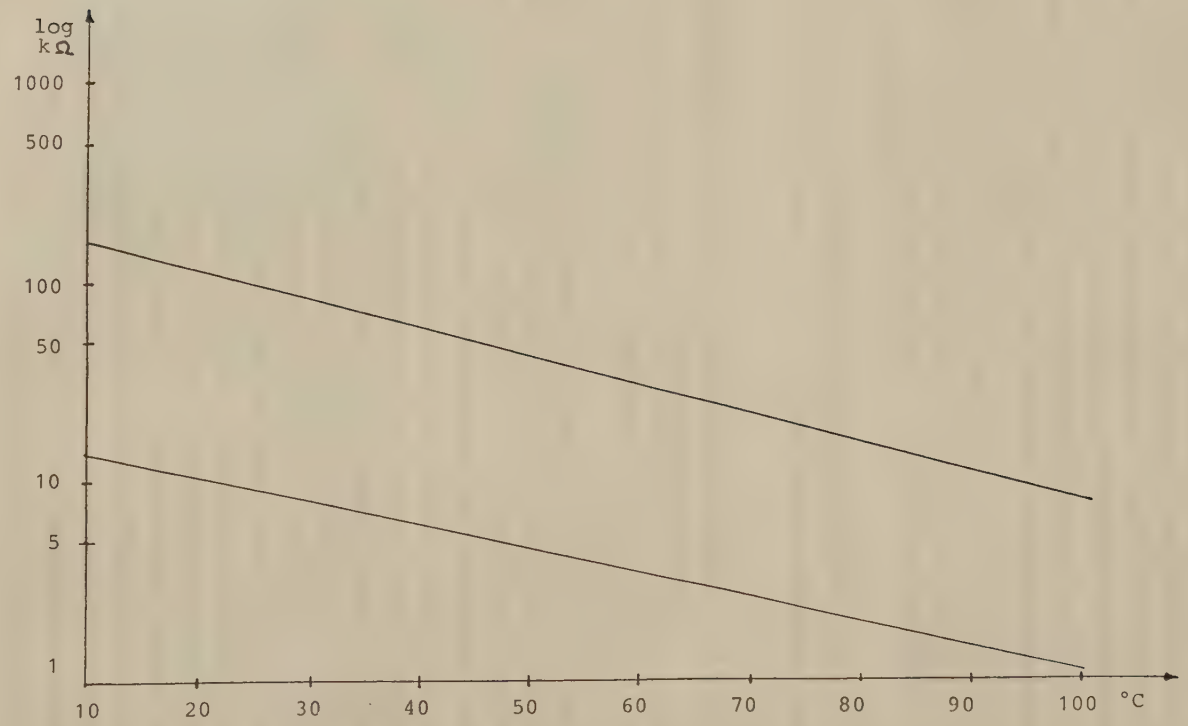
60°C, 75°C, 85°C und 100 °C.

3.2.1.1 Temperaturmessungen des Eies direkt unterhalb der Schale bzw. im Dotterbereich

3.2.1.1.1 bei rel. Luftfeuchte < 20%

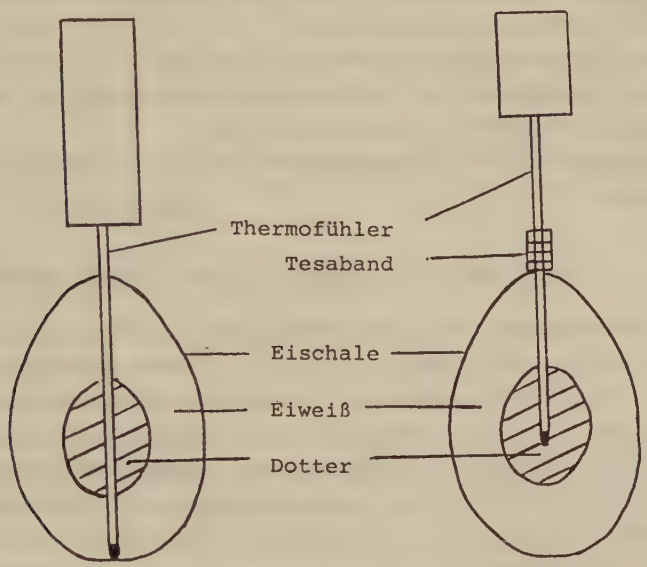
Hierfür wurde jeweils ein Ei verwendet. Nach der Fertigstellung des Gewichts auf einer Eiersortierwaage (Fa. A. Fabian, München, Nr. 022) wurde das Ei numeriert und am spitzen Pol bis zur äußeren Schalenhaut aufgeschliffen. Anschließend wurde es mit dem spitzen Pol nach oben auf ein Tonröhrchendreieck (Seitenlänge ca. 6 cm) verbracht, das auf einem Dreifuß für Bunsenbrenner ruhte. Diese Konstruktion wurde in einen Hitzesterilisator (Fa. Memmert, TV 50668085), der zusätzlich mit einem Gebläse versehen worden war (Windgeschwindigkeit 0,36 - 0,38 m/Sek., gemessen im Windkanal des meteorologischen Instituts der Universität München), gestellt. Zur Messung der Erwärmung des Eies direkt unterhalb der Schale und im Dotter diente ein NTC-Widerstandsmeßfühler, der mit einem sich außerhalb des Hitzesterilisators befindlichen VAΩ -meter (Fa. Philips, PM 2503) verbunden war. Für die damit gemessenen Widerstandswerte (in kΩ) war zuvor mittels Thermometer und Erhitzung von Wasser eine Eichkurve erstellt worden (siehe Abb. 2).
Somit war eine spätere Umrechnung in °C möglich.

Abb.2 Eichkurven für die Umrechnung der Eierwärmung von kΩ in °C



Zur Messung der Temperatur direkt unterhalb der Eischale wurde der Meßfühler durch die ganze Länge des Eies hindurch bis zum stumpfen Pol vorgeschoben, während für die Messung der Erwärmung des Dotters ein Tesa-Farbband in einer bestimmten Höhe um die Fühlernadel geklebt wurde, um ein tieferes Absinken der Nadel ins Ei zu verhindern (siehe Zeichnung 1).

Zeichnung 1



Die im Hitzesterilisator herrschende Temperatur wurde mittels eines zweiten NTC-Widerstandsmeßfühlers bestimmt (T = ± 1°C). Für diesen war, wie oben bereits beschrieben, ebenfalls eine Eichkurve erstellt worden (siehe Abb. 2). Er stand nach außen mit einem zweiten VAΩ -Meter (Fa. Kontron El., DMM 3003) in Verbindung. Der Temperaturanstieg im Ei wurde während der Versuche in einminütigen Abständen aufgezeichnet.

Nach beendeter Erhitzung wurde die Eischalendicke im Bereich des stumpfen Eipols mit einer Präzisionsuhr für 1/100 mm Ablesung (Fa. Hofmann, Nr. 43200) gemessen, die mit einem hydraulischen Magnetmeßstativ (Fa. Hofmann, Nr. 44080) versehen war.

3.2.1.1.2 bei verschiedenen Luftfeuchtigkeitswerten und einer Temperatur von 60°C

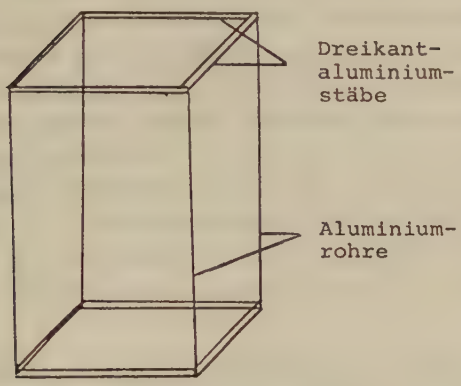
Die Luftfeuchtigkeit wurde mit Hilfe verschieden großer Plastik - schalen, die mit Wasser gefüllt waren und in den Hitzesterilisa - tor gestellt worden waren, verändert.
Die Messung der Luftfeuchtigkeitswerte erfolgte mit einem Psychro - meter nach Frankenberger mit elektrischem Ventilator (W. Lambrecht KG., Göttingen, Nr. 819).
Ansonsten entspricht der Versuchsablauf dem unter Punkt 3.2.1.1.1 beschriebenen.

3.2.1.2 Ermittlung der Schlupfrate nach Erhitzung der Eier

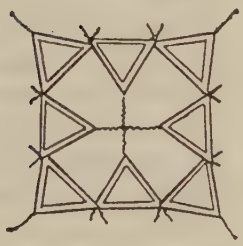
Pro Temperaturbereich und Zeiteinheit wurden 2 Schlupfversuche mit jeweils 20 Eiern durchgeführt. Um eine möglichst gleichmäßige Er - wärmung des Eies von allen Seiten zu gewährleisten, wurde ein Ge - stell konstruiert, das die Umrisse eines Quaders besaß und 42 cm hoch und 27 cm tief war. Die Längs- oder Höhenkanten wurden von 4 Aluminiumrohren (Ø ca. 4 mm) gebildet, die an ihren Enden durch Verschraubung untereinander mit Dreikantaluminiumstäben verbunden waren (siehe Zeichnung 2).

In diesem Rahmen wurde in 3 Etagen je ein Gitter aus jeweils 8 miteinander verdrahteten Tonröhrchendreiecken eingepaßt (siehe Zeichnung 3), sodaß das Gestell insgesamt 24 Eier fassen konnte.

Zeichnung 2:
Rahmen des Eiergestells



Zeichnung 3:
Aufsicht auf eine Etage aus Tonröhrchendreiecken



Nach dem Erhitzen kühlten die Eier 15 - 30 Minuten bei Zimmertem - peratur ab und wurden anschließend in den Vorbrüter (Fa. Reform, Zeddam, Holland) eingelegt. Sie wurden am 6. und 18. Tag geschiert und danach in den Schlupfbrüter (Fa. Ing. Schumacher, Grünberg - Lardenbach) verbracht. Am 21. und 22. Tag wurde der Schlupf über - prüft.

3.2.1.3 Kontamination der Bruteier mit Salmonellen und Über - prüfung der Keimpenetration nach erfolgter Erhitzung

In 2 Versuchsreihen mit jeweils 20 Eiern/Temp.bereich (s.o.) wur - de die Penetrationsrate der Salmonellen in künstlich kontaminierte Hühnereier untersucht, nachdem sie nach erfolgter Infektion in den

oben genannten Temperaturbereichen erhitzt worden waren.
Als Kontrolle dienten nichterhitzte Eier.
Die zu behandelnden Eier wurden zunächst im Trocknungsschrank (Fa. Ehret, Nr. 3845) 2 Stunden lang auf 37°C erwärmt. Dann wurden sie in einer Plastikschale, die mit einer Salmonellenanreicherung in Heart-Infusion-Bouillon gefüllt war und Zimmertemperatur (18°C - 22°C) besaß, kurzfristig völlig untergetaucht. Nachdem die Salmonellenlösung angetrocknet war (nach 3 - 6 Minuten), wurden die kontaminierten Eier auf das in Punkt 3.2.1.2 beschriebene Gestell gelegt und im Hitzesterilisator erhitzt. Eine halbe Stunde nach erfolgter Erhitzung wurden die Eier in den Brutschrank gelegt, dessen Innentemperatur 37,8°C betrug und in dem durch aufgestellte, mit Wasser gefüllte Gefäße eine rel. Luftfeuchte von 60 - 65 % herrschte. Die Konzentration der Infektionslösung an S.typhimurium wurde nachträglich mittels einer Verdünnungsreihe mit Heart-Infusion-Lösung entsprechend dem most-probable-number (MPN)-Verfahren bestimmt.

Nach Ablauf von 7 Tagen wurden die Eier dem Brutschrank entnommen. Bei jedem Ei wurde die Schale am stumpfen Eipol, oberhalb der inneren Schalenhaut abgetrennt und anschließend in ein Reagenzglas mit Tetrathionatbouillon verbracht, um eine selektive Vermehrung der evtl. noch vorhandenen, nicht durch Hitze geschädigten Salmonellen zu erreichen. Nach dem Eröffnen der inneren Schalenhaut mit einer Schere wurde der Eiinhalt in sterile Petrischalen ausgegossen und Anteile von Eiweiß (5 ml), Dotter (5 ml) und der Embryo-Körper ebenfalls in Tetrathionatbouillon gegeben.
Nach 24-stündiger Bebrütung wurden die Proben mittels Öse zur qualitativen Prüfung auf Brillantgrünagar überimpft und nochmals 48 Stunden bebrütet. Nun erfolgte der Nachweis der Salmonellen mittels polyvalentem Testserum für Salmonellen durch Objektträgeragglutination.

3.2.2 Statistik

Mittelwerte (X) und Standardabweichung (s) wurden nach CAVALLI - SFORZA (1980) errechnet (siehe S. 46 - S. 49 und S. 52 bis S. 55).

4. Ergebnisse

4.1 Die Erhitzung des Eies durch Anwendung von Heißluft

Anmerkung: Bei Eiern mit kleinen Schalendefekten, wie z.B. feinen Rissen, begannen sich die Defekte nach ca. 5 Minuten der Erwärmung (v.a. bei T ≥ 75°C) so stark zu vergrößern, daß es in vielen Fällen zum Platzen der Eischale kam.

4.1.1 Im Dotterbereich

Jeweils 10 Eier wurden

bei 60°C - 35 Minuten
bei 75°C - 25 Minuten
bei 85°C - 25 Minuten
bei 100°C - 20 Minuten

erhitzt.
Die Temperatur des Dotters behielt bis ca. 2 Minuten nach Beginn der Wärmeeinwirkung ihren Anfangswert bei, um dann gleichmäßig anzusteigen.

Für die Keimscheibe gefährliche Temperaturen (≥ 45°C) ergaben sich

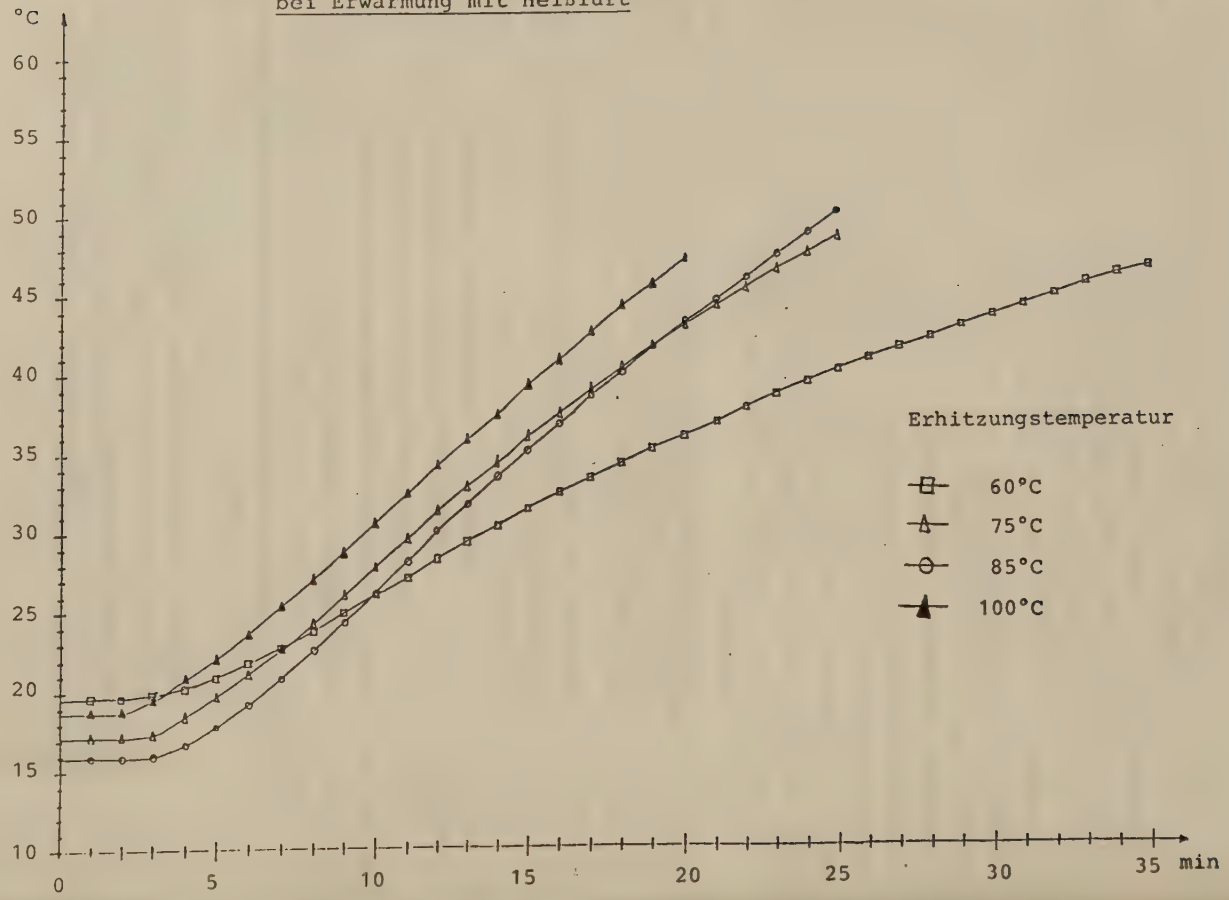
bei 60°C nach ca. 33 Minuten
bei 75°C nach ca. 22 Minuten
bei 85°C nach ca. 21 Minuten
bei 100°C nach ca. 19 Minuten

(siehe Abb. 3 und Tabellenanhang S. 44 - S. 49).

Eine Abhängigkeit der Erwärmung vom Eigewicht scheint nicht zu bestehen.

Eiwerte, Temperaturzunahmen und Meßwerte der Erhitzungs - kurven der Abb. 3 sind im Anhang aus Tabelle 11 bis Ta - belle 18 zu ersehen.

Abb.3 Verlauf des Temperaturanstiegs im Dotterbereich bei Erwärmung mit Heißluft

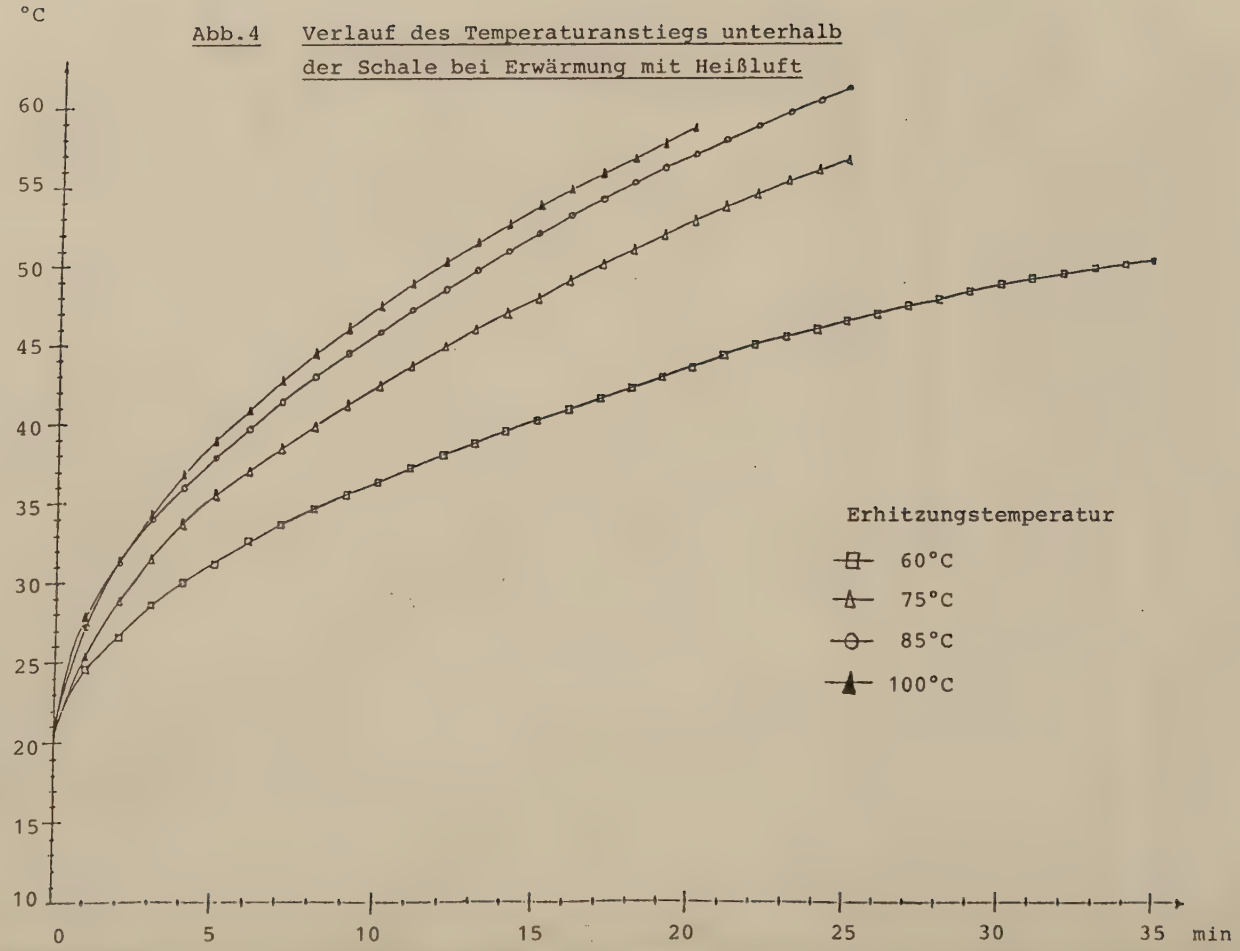


4.1.2 Unterhalb der Schale

Jeweils 10 Eier wurden wie bereits oben beschrieben erhitzt. Der Temperaturanstieg setzte in dieser Eiregion sofort ein und war in den ersten 5 Minuten der Erhitzung besonders stark ausgeprägt.

Eine die Koagulation des Eiklars herbeiführende Temperatur (≥ 58°C) wurde bei 100°C nach 19 Minuten, bei 85°C nach 21 Minuten erreicht, während die angewandte Erhitzungsdauer bei 75°C und 60°C nicht ausreichte, um unter der Schale eine Temperatur von 58°C herbeizuführen (siehe Abb. 4).
Eine Abhängigkeit der Erwärmung von der Eischalendicke ist aus dem Kurvenverlauf nicht ersichtlich.
Eiwerte, Temperaturzunahmen und Meßwerte der Erhitzungskurven der Abb. 4 sind im Anhang aus Tabelle 19 bis Tabelle 26 zu ersehen.

Abb.4 Verlauf des Temperaturanstiegs unterhalb der Schale bei Erwärmung mit Heißluft



4.1.3 Bei verschiedenen Luftfeuchtigkeitswerten

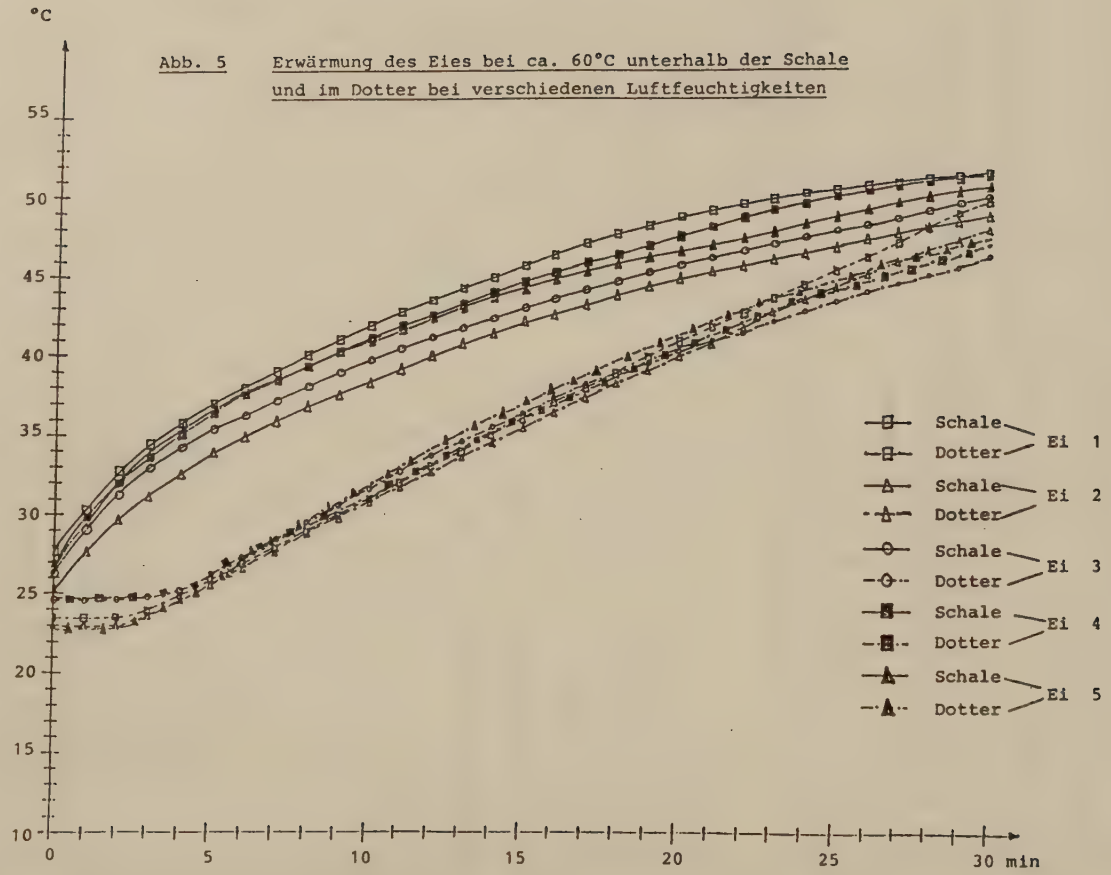
Bei 5 Eiern wurde der Einfluß von Luftfeuchtigkeit auf die Erwärmung des Eies unter der Schale und im Dotterbereich überprüft. Die angewandte Temperatur betrug ca. 60°C, die Luftfeuchtigkeitswerte schwankten zwischen 18 und 37 %. Der Verlauf der Erhitzung unter der Schale und im Dotterbereich entsprach dem unter 4.1.1 und 4.1.2 beschriebenen (siehe Abb. 5).

Die angewandte Variation der Luftfeuchte hatte keinen ersichtlichen Einfluß auf die Erwärmung des Eies.
Eiwerte und Versuchsbedingungen sind aus Tabelle 9 ersichtlich.
Die Meßwerte der Erhitzungskurven der Abb. 5 sind im Anhang aus Tabelle 27 und Tabelle 28 zu ersehen.

Tabelle 9 Eiwerte und Versuchsbedingungen bei der Erwärmung von 5 Hühnereiern bei verschiedenen Luftfeuchtigkeitswerten

	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5
Gewicht (g)	59	52	65	59,5	58,2
Schalendicke (mm)	0,38	0,37	0,35	0,40	0,41
durchschn. T (°C) im Brutschrank	60,9	59,1	60,0	60,5	60,1
Rel. Luftfeuchte (%)	17,8	23,4	24,6	32,3	37,0
Dampfdruck (mbar)	37	44,7	48,9	65,5	73,7

Abb. 5 Erwärmung des Eies bei ca. 60°C unterhalb der Schale und im Dotter bei verschiedenen Luftfeuchtigkeiten



4.2 Schlupfraten nach Erhitzung der Eier

Jeweils 2 mal 20 Eier wurden in folgenden Temperaturbereichen er - hitzt:

60°C:	25, 30 und 35 Minuten
75°C:	15, 20 und 25 Minuten
85°C:	10, 15 und 20 Minuten
100°C:	5, 10 und 15 Minuten.

Bei unbehandelten Kontrollen (n = 20 Eier) betrug die Schlupfrate 82 %. 6 % der Eier waren nicht befruchtet gewesen, bei 12 % er - folgte kein Schlupf.

Bei den erhitzten Eier traten noch befriedigende Schlupfraten (ca. 80 %) auf bei:

60°C und einer Erhitzungsdauer von 25 Minuten;
75°C und einer Erhitzungsdauer von 15 Minuten;
85°C und einer Erhitzungsdauer von 10 Minuten;
100°C und einer Erhitzungsdauer von 5 Minuten.

Die in allen Versuchen ermittelten Schlupfraten sind im Anhang aus Tabelle 29 bis Tabelle 40 zu ersehen .

Die geschlüpften Küken wiesen keine Schäden auf und entwickelten sich gut (40 Tiere davon werden heute als Legehennen gehalten).

4.3 Kontaminationsrate der mit Salmonellen infizierten Eier am 7. Tag nach der Infektion

Die Eier wurden in den 4 Temperaturbereichen 60°C, 75°C, 85°C und 100°C erhitzt. Die Zeit wurde nach erfolgten Vorversuchen so gewählt, daß eine Schlupfrate um 80 % zu erwarten war (siehe S. 73 - 84).

Eine gute Dekontaminationsrate (> 90 %) wurde in den Temperatur - bereichen 85°C und 100°C erreicht (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10

Ei - zahl	Behandlung T(°C)	Behandlung t(min)	Keimkonz. Keime/ml	kontam. Eier (7.Tag) Eiinhalt	kontam. Eier (7.Tag) Eischale	kontam. Eier (7.Tag) gesamt (%)
20	--	--	10^{10}	17	15	80
20	--	--	10^{9}	15	13	
20	60	25	10^{9}	10	6	65
20	60	25	10^{8}	16	15	
20	75	15	10^{8}	6	3	40
20	75	15	10^{10}	10	8	
20	85	10	10^{10}	0	0	5
20	85	10	10^{10}	2	2	
20	100	5	10^{8}	1	1	7,5
20	100	5	10^{8}	2	1	

Die Schalenkontamination war stets mit dem Salmonellennachweis auch aus dem Eiinhalt verbunden, während in einigen Fällen Sal - monellen auch aus dem Eiinhalt nachgewiesen werden konnten, wenn sich die Eischale als keimfrei erwies.

5. Diskussion

Die Schlupfrate der Küken soll sich nach Angaben aus der Literatur vermindern, wenn eine Dottertemperatur von ca. 45°C bis 46°C erreicht wird.

Dieser Temperaturbereich ergab sich bei den vorgenommenen Erhitzungsversuchen

im Temperaturbereich 60°C nach ca. 33 Minuten
im Temperaturbereich 75°C nach ca. 22 Minuten
im Temperaturbereich 85°C nach ca. 21 Minuten
im Temperaturbereich 100°C nach ca. 19 Minuten.

Dem gegenüberzustellen sind die ermittelten Schlupfraten, die

bei 60°C nach 30 Minuten
bei 75°C nach 20 Minuten
bei 85°C nach 15 Minuten
bei 100°C bereits nach 10 Minuten unbefriedigend sind.

In niederen Temperaturbereichen scheint das Erreichen einer zu hohen Temperatur im Dotterbereich der begrenzende Faktor der Erhitzungsdauer zu sein, der, nach YODER (1970), JORDAN und AMIN (1978), zu einer Verminderung der Schlupfrate der Küken um 8 bis 12 % führt, wenn im Dotter eine Temperatur von 45,5°C - 46°C erreicht wird.

Wenn man jedoch die Dottertemperaturen betrachtet, die bei einer Erhitzung von 85°C nach 15 Minuten (T_{Dotter} = ca. 35°C) oder von 100°C nach 10 Minuten (T_{Dotter} = ca. 31°C) auftreten, so ist man weit von diesem kritischen Temperaturbereich entfernt.

Berücksichtigt man hierzu noch die unter der Schale erreichten Temperaturen bei 85°C nach 15 Minuten und bei 100°C nach 10 Minuten, die sich zwischen 47°C und 53°C bewegen, so werden keine Denaturierungstemperaturen für Eiweiß erreicht, die nach PAYAWAL et al. (1946) zwischen 58°C und 60°C liegen sollen.

Zu diesem Problem könnte die Ansicht von SLOSBERG et al. (1948) von Bedeutung sein, daß auch Temperaturen unter 57,6°C, wenn sie nur lange genug wirksam sind, eine Denaturierung des Eiweißes verursachen.
Das Eiweiß selbst scheint für den Dotter eine gute Isolierschicht darzustellen, da der Dotter sich erst ab 2 Minuten nach Einsetzen der Erhitzung zu erwärmen beginnt.

Die Schale hingegen wird rasch von der Hitze durchdrungen und es erfolgt vor allem in den ersten Minuten der Erhitzung ein rapider Temperaturanstieg.

Ein deutlicher Zusammenhang zwischen Eischalendicke und Temperaturzunahme unterhalb der Schale konnte nicht nachgewiesen werden. Da die Eischalendicke nur 1/10 mm Abweichungen aufweist, müßten wahrscheinlich Geräte mit höherer Meßgenauigkeit zum Einsatz kommen.

Auch ein Zusammenhang zwischen Eigewicht und Temperaturzunahme im Dotterbereich konnte nicht nachgewiesen werden. Hierfür könnte die Eiform und die mehr oder weniger zentrale Lage des Dotters von Bedeutung sein.

Auch bei den durchgeführten Schlupfversuchen schien das Eigewicht keinen Einfluß auf das Absterben oder Überleben der Embryonen nach erfolgter Erhitzung zu besitzen.

Ebenso beeinflußte die Abwandlung der rel. Luftfeuchte von ca. 18 % bis 37 % die Erwärmung des Eies nicht nachweislich.

Eine deutlich dekontaminierende Wirkung der Heißluft auf Salmonellen (> 90 %) wurde in den beiden Temperaturbereichen 85°C (für 10 min) und 100°C (für 5 min) erzielt.

Diese Angaben beziehen sich auf den Nachweis ungeschädigter Salmonellen, da im Nachweisverfahren auf die Durchführung einer Voranreicherung verzichtet worden war.
Subletal geschädigte Keime jedoch dürften für das Infektionsgeschehen kaum von Bedeutung sein, da ihnen auf der Eischale die Nahrungsgrundlage für ihre Erholung fehlt und sie selbst nicht mehr aktiv ins Eiinnere vordringen können.

So spricht HÜTTNER (1973) von einer Keimabtötung auf der Eischale von 92,8 bzw. 96,9 % durch Begasung mit Formaldehyd, wobei eine natürlich vorkommende Keimbesiedlung der Eischalen zugrundegelegt war.

BAXTER-JONES und WILDING (1982), die Eier mit einer Salmonellen - bouillon (Konz. 2 mal 10^3 Keime/ml) oberflächlich kontaminierten, ermittelten nach erfolgter Formaldehydbegasung lediglich eine De - kontaminationsrate von ca. 40 %.

Bezüglich der in dieser Arbeit ermittelten guten Dekontaminations - raten bei 85°C und 100°C ist deshalb noch zu bedenken, daß hohe Infektionsdosen (10^8 - 10^{10} Keime/ml) angewendet wurden und der Keimnachweis über selektive Anreicherung und selektiven Nährboden erfolgte, die für das Wachstum der Salmonellen optimale Voraus - setzungen boten.

Eine völlige Eliminierung der Keime (S. typhimurium) ist bei ge - ringer Ausgangskeimzahl, wie sie unter nätürlichen Bedingungen herrscht, mittels Heißluft deshalb wahrscheinlich möglich.

Da bis heute noch nicht überprüft worden war, welcher Hitzebela - stung Bruteier vor allem in höheren Temperaturbereichen unbescha - det standhalten können, betritt diese Arbeit hier Neuland.
Es hat sich neben oben bereits erwähnten zeitlichen Begrenzungen der Erhitzung herausgestellt, daß Eier, deren Schalen nicht völlig intakt sind, bereits nach den ersten 5 Minuten der Erhitzung (v.a. bei T $\geq$ 75°C) zu platzen beginnen, sodaß für diese Eier eine Hitze - behandlung mit dem Ziel der Entkeimung nicht in Frage kommt.

Ungeklärt bleibt, ob durch die Hitzebehandlung Keime, die die Scha - le bereits durchdrungen haben, mit erfaßt werden, da bei den durch - geführten Versuchen die Erhitzung kurz auf die Kontamination er - folgte.
Ebenfalls wäre noch zu überprüfen, wie das Ei auf ein Infektions - geschehen, das nach der Erhitzung eintritt, reagiert, da durch die Erhitzung das Lysozym und Conalbumin des Eiklars evtl. geschädigt werden könnten (SEIDEMANN et al. 1962).

Heißluft bietet gegenüber den anderen Desinfektionsmaßnahmen in der Bruthygiene außerdem den Vorteil, daß sie völlig ungiftig ist, sich keine Rückstände bilden und dadurch die Umwelt nicht belastet wird.

Als zweites unschädliches Medium würde sich zur Erhitzung neben der Luft noch Heißwasser anbieten. Dieses würde zwar gegenüber der Heißluft den Vorteil einer wesentlich geringeren Erhitzungs - zeit bieten (SCHEIBNER und FEHLHABER 1976), jedoch bedarf es we - gen der Gefahr der Anreicherung hitzebeständiger Mikroorganismen der ständigen Reinigung und Erneuerung.

Hinzu kommt noch, daß durch die Anwendung von Heißwasser eine Schädigung bzw. ein Verlust der Cuticula eintritt.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit diente der Überprüfung der möglichen Dekontamination von Bruteiern durch Heißluft.

Die Eier wurden künstlich durch Eintauchen in eine S.typhimurium - Suspension (10^8 - 10^{10} Keime/ml) infiziert.

Die angewendeten Temperaturbereiche waren 60°C, 75°C, 85°C und 100°C.

Als Meßpunkte für die Temperaturzunahme im Ei dienten der Dotterbereich und eine Stelle unterhalb der Schale am stumpfen Pol des Eies.

Bei der verwendeten Technik ergab sich, daß weder Eigewicht, noch Schalendicke, noch Schwankungen der rel. Luftfeuchtigkeit zwischen 18 und 37 % einen deutlich meßbaren Einfluß auf den Temperaturanstieg im Ei ausübten.

Befriedigende Schlupfergebnisse ($\geq$ 80 %) wurden bei 60°C bis 25 Minuten, bei 75°C bis 15 Minuten, bei 85°C bis 10 Minuten und bei 100°C bis 5 Minuten Erhitzungsdauer erreicht.

Hierbei bedingte nicht das Erreichen einer kritischen Temperatur im Dotterbereich die zeitliche Begrenzung der Erhitzung, sondern wahrscheinlich das Einsetzen der Koagulation des Eiklars.

Eine wirksame Salmonellenbekämpfung (Dekontaminationsrate $>$ 90 % trat jedoch nur in den Temperaturbereichen 85°C (10 min) und 100°C (5 min) ein.

Unter Berücksichtigung der guten Dekontaminationsrate könnte die Anwendung von Heißluft eine Alternative zur Formaldehydbegasung darstellen, wobei dieses neue Verfahren noch der weiteren Überprüfung bedarf.

Investigations to destroy Salmonella typhimurium on the shell of hens' eggs applying hot air.

Summary

This investigation was made to examine the effect of hot air respecting the decontamination of eggs, which had been superficially infectes with a suspension of S.typhimurium (10^8 - 10^{10} germs/ml).

Temperatures applied were 60°C, 75°C, 85°C and 100°C.

Control points for the heating of the egg were the region of the yolk and a place directly situated below the shell of the egg.

It could be shown, that the way of heat-increase was neither evidently influenced by egg-weight, neither by shell-thickness, nor by varying the rel. humidity of the air from 18 - 37 %.

The hatchability was still good ($\geq$ 80 %) at 60°C, applied for 25 minutes, at 75°C applied for 15 minutes, at 85°C applied for 10 minutes and at 100°C applied for 5 minutes.

At these temperatures the time limit of heating was not given by reaching a too high temperature in the yolk, but probably by the beginning coagulation of egg-white.

An effective ($>$ 90 %) reduction of contamination however was only reached at 85°C (10 min) and 100°C (5 min).

Considering the good decontamination rate the application of hot air may be an alternative to the usual decontamination procedures.

Ensayo sobre la decontaminación de Salmonella typhimurium en la cáscara de huevos fértiles de la gallina a traves de aire ca - liente

Resumen

Se contaminaron huevos fértiles de la gallina superficialmente con suspensión de Salmonella typhimurium (10^8 - 10^{10} germenes/ml) y trataron decontaminarlos por tratamiento con aire caliente de 60, 75, 85 y 100°C.

El alza de temperatura dentro del huevo se medieron en la yema y en un punto inmediatamente bajo la cáscara del polo obtuso.

Con la técnica aplicada se mostró que ni el peso del huevo, ni el grosor de la cáscara ni la oscilación de la humedad relativa de aire entre 18 y 37 % influyen al alza de temperatura en el interior del huevo.

Eclosiones satisfactorias (m/m 80 %) se obtuvieron aplicando aire con 60°C hasta 25 min., con 75°C hasta 15 min., con 85°C hasta 10 min. y con 100°C hasta 5 min. de exposición. Proba - blemente la coagulación de la clara del huevo limita el lapso de tiempo de aplicación de calor. Una decontaminación satis - factoria de los huevos se alcanzó solo con temperatura de a 85°C por 10 min. y de a 100°C por 5 min.

En comparación a los datos indicados en la literatura la decon - taminación de huevos fértiles por calor seco es por 10 menos tan eficiente como por fumigación con formalina.

Anhang

Zeichenerklärung für die nachfolgenden Tabellen:

Sd	=	Schalendicke
Gew.	=	Gewicht
AT	=	Anfangstemperatur
ET	=	Endtemperatur
D	=	Et - AT
MW_D	=	Mittelwert der T-Differenz
s	=	Standardabweichung

Eiwerte und

Temperaturerhöhungen im Dotterbereich durch Heißluft

Tabelle 11 Erhitzungsversuche 60°C (35 min)

Ei	Sd (mm)	Gew.(g)	AT (°C)	ET (°C)	D (°C)
1	0,38	65	21,6	47,7	25,8
2	0,36	66	20,6	46,6	26,0
3	0,37	68	19,8	46,3	26,5
4	0,39	61	19,8	47,1	27,3
5	0,35	74	19,0	44,3	25,3
6	0,34	66	18,6	45,6	27,0
7	0,33	65	19,0	46,9	27,9
8	0,31	69	19,0	46,3	27,3
9	0,37	57	19,2	47,0	27,8
10	0,32	68	19,8	45,4	25,6

MW_D = 26,7°C

s = 0,96

Tabelle 12: Erhitzungsversuche 75°C (25 min)

Ei	Sd (mm)	Gew. (g)	AT (°C)	ET (°C)	D (°C)	
1	0,38	66	16,9	47,2	30,3	
2	0,34	65	16,8	47,3	30,5	
3	0,32	62	16,9	49,8	32,9	
4	0,34	61	16,8	50,0	33,2	
5	0,30	65	19,0	48,0	29,0	MW_D = 31,3°C
6	0,33	65	18,0	50,4	31,6	
7	0,30	66	17,4	48,2	30,8	s = 1,15
8	0,41	63	16,6	49,0	32,4	
9	0,34	63	16,5	47,7	31,2	
10	0,32	67	16,5	47,7	31,2	

Tabelle 13: Erhitzungsversuche 85°C (25 min)

Ei	Sd (mm)	Gew. (g)	AT (°C)	ET (°C)	D (°C)	
1	0,42	65	16,7	50,6	34,0	
2	0,35	60	15,5	51,0	35,9	
3	0,34	71	15,2	48,2	33,0	
4	0,36	70	15,1	48,6	33,5	
5	0,34	66	15,0	50,1	35,1	MW_D = 34,4 °C
6	0,28	64	16,8	51,0	33,2	s = 0,97
7	0,29	65	15,5	49,5	35,3	
8	0,38	69	15,5	50,3	34,8	
9	0,31	65	15,9	50,8	34,9	
10	0,31	64	16,7	51,0	34,0	

Tabelle 14: Erhitzungsversuche 100°C (20 min)

Ei	Sd (mm)	Gew. (g)	AT (°C)	ET (°C)	D (°C)	
1	0,34	69	19,8	47,3	27,5	
2	0,37	75	18,4	46,3	27,9	
3	0,34	67	18,4	47,9	29,5	
4	0,34	67	18,2	47,6	29,4	
5	0,37	75	18,2	44,8	26,6	MW_D = 28,4°C
6	0,31	66	20,0	48,6	28,6	s = 0,90
7	0,33	74	19,4	48,0	28,6	
8	0,36	66	19,0	48,2	29,2	
9	0,27	68	18,4	47,1	28,7	
10	0,35	73	17,4	45,6	28,2	

Tabelle 15: Anstieg der Dottertemperatur bei Anwendung von Heißluft, T = 60°C (in °C).

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5	Ei 6	Ei 7	Ei 8	Ei 9	Ei 10	X	s
0	21,6	20,6	19,8	19,8	19,0	18,6	19,0	19,0	19,2	19,8	19,6	0,90
1	21,6	20,6	19,8	19,8	19,0	18,6	19,0	19,0	19,2	19,8	19,6	0,90
2	21,6	20,6	19,8	19,8	19,0	18,6	19,0	19,0	19,2	19,8	19,6	0,90
3	21,8	20,8	19,8	20,1	19,1	18,8	19,2	19,2	19,4	19,9	19,8	0,91
4	22,0	21,6	20,0	21,0	19,4	19,2	19,8	19,6	19,9	20,3	20,3	0,95
5	22,3	22,2	20,6	22,0	19,8	19,7	20,8	20,0	20,8	20,9	20,9	0,97
6	22,9	23,2	21,3	23,2	20,4	20,2	21,8	20,7	21,8	21,6	21,7	1,11
7	23,8	24,4	22,0	24,3	21,2	21,2	22,8	21,3	23,1	22,5	22,7	1,24
8	25,0	25,6	23,1	25,2	22,1	22,1	23,8	21,9	24,3	23,5	23,7	1,40
9	26,1	26,7	23,9	26,7	23,2	23,5	25,3	23,0	25,8	24,7	24,9	1,43
10	27,2	27,8	25,2	27,8	24,2	24,5	26,4	23,8	27,0	25,7	26,0	1,50
11	28,2	28,8	26,2	29,1	25,3	25,8	27,4	25,3	28,2	26,8	27,1	1,43
12	29,2	29,9	27,1	30,1	26,6	26,9	28,6	26,3	29,7	27,7	28,2	1,46
13	30,3	31,0	28,2	31,2	27,6	28,0	29,7	27,4	30,8	28,7	29,3	1,48
14	31,4	32,0	29,1	32,2	28,6	29,1	30,6	28,4	31,9	29,8	30,3	1,49
15	32,5	32,9	30,2	33,2	29,5	30,2	31,8	29,2	33,0	30,8	31,3	1,53
16	33,6	33,8	31,0	34,1	30,5	31,3	32,7	30,3	33,9	31,7	32,3	1,51
17	34,6	34,7	32,1	35,0	31,4	32,3	33,8	31,4	34,9	32,7	33,3	1,47
18	35,6	35,6	33,1	35,8	32,4	33,2	34,6	32,3	35,9	33,6	34,2	1,41
19	36,5	36,4	34,0	36,6	33,3	34,2	35,6	33,2	36,7	34,6	35,1	1,41
20	37,5	37,3	35,0	37,4	34,0	35,1	36,4	34,1	37,5	35,3	36,0	1,42
21	38,4	38,2	35,9	38,3	35,0	36,0	37,4	35,0	38,4	36,1	36,7	1,42
22	39,3	39,0	36,9	39,1	35,7	36,9	38,2	35,9	39,2	36,8	37,7	1,42
23	40,2	39,7	37,8	39,8	36,4	37,8	39,0	36,8	39,9	37,4	38,5	1,40
24	40,9	40,4	38,5	40,4	37,1	38,6	39,8	37,6	40,7	38,1	39,2	1,39
25	41,6	41,0	39,3	41,2	37,8	39,2	40,7	38,5	41,4	38,9	40,0	1,37
26	42,4	41,7	40,0	42,0	38,6	40,0	41,6	39,2	42,2	39,6	40,7	1,39
27	43,1	42,3	40,7	42,8	39,2	40,7	42,4	40,0	42,8	40,3	41,4	1,40
28	43,7	42,9	41,5	43,4	39,9	41,3	43,2	40,7	43,4	41,0	42,1	1,37
29	44,4	43,5	42,1	44,0	40,6	41,9	43,8	41,5	44,0	41,8	42,8	1,32
30	45,1	44,0	42,8	44,5	41,3	42,6	44,3	42,3	44,6	42,5	43,4	1,30
31	45,7	44,6	43,5	45,2	41,9	43,2	44,8	43,0	45,1	43,1	44,0	1,23
32	46,2	45,1	44,2	45,8	42,6	43,9	45,4	43,8	45,6	43,7	44,6	1,15
33	46,6	45,6	45,0	46,2	43,3	44,5	45,9	44,5	46,1	44,3	45,2	0,95
34	47,0	46,1	45,7	46,7	43,8	45,0	46,4	45,4	46,6	44,9	45,8	1,00
35	47,4	46,6	46,3	47,1	44,3	45,6	46,9	46,3	47,0	45,4	46,3	0,95

Tabelle 16: Anstieg der Dottertemperatur bei Anwendung von Heißluft, T = 75°C (in °C)

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5	Ei 6	Ei 7	Ei 8	Ei 9	Ei 10	X	s
0	16,9	16,8	16,9	16,8	19,0	18,0	17,4	16,6	16,5	16,5	17,1	0,80
1	16,9	16,8	16,9	16,8	19,0	18,0	17,4	16,6	16,5	16,5	17,1	0,80
2	16,9	16,8	16,9	16,8	19,0	18,0	17,4	16,6	16,5	16,5	17,1	0,80
3	17,0	16,9	17,3	16,9	19,0	18,9	17,7	17,4	16,8	16,5	17,4	0,78
4	17,4	18,0	17,8	18,2	19,4	20,4	18,8	18,6	17,8	17,5	18,5	0,95
5	18,5	19,0	18,3	19,5	20,4	22,0	20,0	20,2	19,0	18,8	19,6	1,12
6	19,5	20,1	19,0	21,0	21,6	23,6	21,4	21,9	20,6	20,0	20,9	1,36
7	20,8	21,5	23,2	22,7	23,1	25,2	23,2	23,5	22,2	21,7	22,7	1,24
8	22,0	23,3	24,9	24,5	24,5	27,0	24,8	25,4	24,0	23,5	24,4	1,34
9	23,5	25,2	26,7	26,4	26,0	28,6	26,6	27,0	25,7	25,3	26,1	1,34
10	25,4	26,7	28,4	28,4	27,6	30,4	28,2	28,6	27,5	27,2	27,8	1,32
11	27,1	28,6	29,9	30,2	29,2	31,9	29,8	30,5	29,4	28,7	29,5	1,28
12	28,6	30,2	31,5	31,8	30,8	33,4	31,4	32,2	31,1	30,3	31,1	1,29
13	30,3	31,6	33,2	33,5	32,3	34,9	33,0	33,8	32,8	31,7	32,7	1,30
14	31,9	33,0	34,6	35,2	33,9	36,8	34,6	35,3	34,3	33,4	34,3	1,36
15	33,6	34,5	35,8	36,5	35,4	38,4	36,0	36,8	35,8	35,0	35,7	1,32
16	35,3	36,2	37,2	37,8	36,7	40,2	37,3	38,4	37,3	36,7	37,3	1,33
17	36,7	37,6	38,6	39,3	38,2	41,8	38,6	39,7	38,6	38,0	38,7	1,37
18	38,4	39,1	40,1	40,8	39,6	43,4	40,0	41,1	39,8	39,3	40,2	1,38
19	40,0	40,4	41,6	42,3	40,8	44,9	41,3	42,3	41,1	40,8	41,6	1,39
20	41,1	41,8	43,2	43,8	42,1	46,1	42,6	43,7	42,4	42,1	42,9	1,41
21	42,5	43,0	44,4	45,2	43,5	47,3	43,7	44,8	43,6	43,1	44,1	1,40
22	43,7	44,2	45,8	46,6	44,8	48,2	44,8	45,8	44,6	44,4	45,3	1,34
23	44,9	45,1	47,2	47,7	45,9	49,3	45,8	47,0	45,8	45,6	46,4	1,36
24	46,3	46,2	48,6	48,6	47,0	50,0	47,0	48,0	46,8	46,6	47,5	1,24
25	47,2	47,3	49,8	49,8	48,0	50,4	48,0	49,0	47,7	47,7	48,5	1,01

Tabelle 17: Anstieg der Dottertemperatur (°C) bei Anwendung von Heißluft, T = 85°C

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5	Ei 6	Ei 7	Ei 8	Ei 9	Ei 10	X	s
0	16,7	15,5	15,2	15,1	15,0	16,8	15,3	15,5	15,9	16,7	15,8	0,71
1	16,7	15,5	15,2	15,1	15,0	16,8	15,3	15,5	15,9	16,7	15,8	0,71
2	16,7	15,5	15,2	15,1	15,0	16,8	15,3	15,5	15,9	16,7	15,8	0,71
3	16,8	15,8	15,2	15,2	15,1	17,3	15,8	15,8	16,1	16,8	16,0	0,76
4	17,0	16,8	15,7	15,6	15,6	17,9	16,8	16,8	16,6	17,4	16,6	0,78
5	18,4	18,2	16,7	16,5	16,5	18,9	18,3	18,2	17,6	18,4	17,8	0,89
6	19,8	20,0	17,0	17,6	17,7	20,0	19,8	19,8	19,0	19,8	19,1	1,03
7	21,4	21,8	19,0	19,5	19,4	21,8	21,5	21,4	20,6	21,6	20,8	1,09
8	23,2	23,7	20,6	21,2	21,2	23,5	23,2	23,2	22,4	23,3	22,5	1,13
9	25,0	25,4	22,3	22,3	23,0	25,5	24,8	24,7	24,4	25,2	24,3	1,17
10	27,0	27,3	24,0	24,3	25,0	27,4	26,5	26,4	26,7	27,2	26,2	1,27
11	29,0	29,2	25,7	26,4	27,2	29,0	28,0	28,0	28,6	29,0	28,0	1,22
12	30,7	31,0	27,9	28,4	29,1	30,6	29,8	29,8	30,4	30,7	29,8	1,06
13	32,3	32,8	29,7	30,3	31,1	32,6	31,6	31,6	32,1	32,4	31,7	1,02
14	34,1	34,5	31,4	32,1	33,1	34,2	33,4	33,3	33,8	34,2	33,4	1,01
15	35,8	36,4	33,2	33,9	34,8	35,9	35,0	35,0	35,5	36,0	35,2	1,01
16	37,4	38,0	35,0	35,6	36,7	37,3	36,6	36,6	37,1	37,5	36,8	0,91
17	38,9	39,8	36,6	37,1	38,5	39,2	38,1	38,0	38,4	39,2	38,4	0,95
18	40,6	41,2	38,1	38,6	40,3	41,1	39,7	39,4	40,1	40,9	40,0	1,05
19	42,1	42,6	39,7	40,0	41,9	42,6	41,2	41,0	41,9	42,4	41,5	1,04
20	43,8	44,0	41,1	41,5	43,4	44,2	42,7	42,7	43,4	43,9	43,1	1,07
21	45,1	45,5	42,6	43,0	44,3	45,8	44,2	44,3	44,8	45,3	44,5	1,05
22	46,6	46,9	44,2	44,5	45,2	47,2	45,6	45,8	46,3	46,7	45,9	1,02
23	47,9	48,3	45,6	46,0	47,5	48,6	46,9	47,2	47,8	48,2	47,4	1,02
24	49,2	49,6	46,8	47,4	48,8	50,0	48,2	48,7	49,3	49,6	48,8	1,03
25	50,6	51,0	48,2	48,6	50,1	51,0	49,5	50,2	50,8	51,0	50,1	1,02

Tabelle 18: Anstieg der Dottertemperatur (°C) bei Anwendung von Heißluft, T = 100°C

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5	Ei 6	Ei 7	Ei 8	Ei 9	Ei 10	X	s
0	19,8	18,4	18,4	18,2	18,2	20,0	19,4	19,0	18,4	17,4	18,7	0,81
1	19,8	18,4	18,4	18,2	18,2	20,0	19,4	19,0	18,4	17,4	18,7	0,81
2	19,8	18,4	18,4	18,2	18,2	20,0	19,4	19,1	18,4	17,4	18,7	0,81
3	20,4	19,0	18,8	18,7	19,0	21,1	20,1	20,0	18,8	18,2	19,4	0,93
4	21,6	20,0	19,9	19,9	20,4	22,8	21,2	21,6	20,2	19,5	20,7	0,86
5	22,8	21,2	21,2	21,3	21,6	24,6	22,4	23,0	21,8	21,2	22,1	1,11
6	24,5	22,4	22,4	23,2	22,8	26,2	23,8	24,7	23,2	22,8	23,6	1,22
7	26,4	24,0	24,2	24,9	24,1	27,9	25,6	26,6	24,8	24,2	25,3	1,32
8	28,1	25,8	26,0	26,7	25,4	29,6	27,7	28,6	26,3	26,0	27,0	1,40
9	29,8	27,7	27,8	28,5	27,3	31,1	29,8	30,2	28,0	27,8	28,8	1,31
10	31,5	29,6	29,8	30,3	29,0	32,6	31,8	32,0	29,8	29,6	30,6	1,25
11	33,1	31,6	31,8	32,2	30,8	34,0	33,3	33,7	31,8	31,2	32,4	1,10
12	34,8	33,6	33,8	33,7	32,4	35,6	35,0	35,4	33,4	33,0	34,1	1,07
13	36,4	35,3	35,6	35,6	34,0	37,2	36,6	37,1	35,2	34,7	35,8	1,04
14	38,0	36,8	37,6	37,3	35,4	38,8	38,4	39,0	36,9	36,4	37,5	1,13
15	39,6	38,4	39,4	39,2	37,0	40,6	40,3	40,8	38,4	38,0	39,2	1,22
16	41,0	40,0	41,2	40,9	38,5	42,2	42,0	42,6	40,0	39,8	40,8	1,27
17	42,5	41,8	43,2	42,3	40,1	43,9	43,8	44,2	41,8	41,4	42,5	1,29
18	44,1	43,4	44,8	44,3	41,6	45,6	45,2	45,8	43,7	43,0	44,2	1,30
19	45,6	45,0	46,4	46,0	43,3	47,2	46,6	47,2	45,4	44,4	45,7	1,24
20	47,3	46,3	47,9	47,6	44,8	48,6	48,0	48,2	47,1	45,6	47,1	1,21

Eiwerte und
Temperaturerhöhungen direkt unterhalb der Schale durch Heißluft

Tabelle 19: Erhitzungsversuche 60°C (35 min)

Ei	Sd (mm)	Gew. (g)	AT (°C)	ET (°C)	D (°C)	
1	0,41	68,5	25,3	51,0	24,7	
2	0,43	50,5	22,3	51,0	27,7	
3	0,39	66,5	21,2	50,7	29,5	MW_D = 29,6°C
4	0,40	68,0	21,3	50,6	29,3	
5	0,43	66,4	22,5	50,7	28,2	s = 2,82°C
6	0,37	65,1	17,4	50,6	33,2	
7	0,38	65,0	21,7	51,2	29,3	
8	0,35	70,5	18,2	50,0	31,8	
9	0,39	61,0	18,1	49,7	31,0	
10	0,37	66,0	18,1	49,6	31,5	

Tabelle 20: Erhitzungsversuche 75°C (25 min)

Ei	Sd (mm)	Gew. (g)	AT (°C)	ET (°C)	D (°C)	
1	0,29	64,5	23,4	57,8	33,6	
2	0,35	66,0	21,6	57,0	35,4	
3	0,36	65,0	20,5	57,0	36,5	MW_D = 36,7°C
4	0,35	68,0	20,0	56,0	36,0	
5	0,28	55,0	18,6	57,2	38,8	s = 1,58°C
6	0,32	57,0	18,5	56,4	37,9	
7	0,32	65,0	21,0	56,6	35,6	
8	0,34	65,0	18,5	56,4	37,6	
9	0,32	54,0	18,3	56,7	38,4	
10	0,33	65,5	19,5	56,7	36,8	

Tabelle 21: Erhitzungsversuche 85°C (25 min)

Ei	Sd (mm)	Gew. (g)	AT (°C)	ET (°C)	D (°C)	
1	0,43	69,5	20,8	61,7	40,9	
2	0,40	62,1	20,3	61,5	41,2	
3	0,37	66,3	19,0	61,8	42,8	
4	0,30	67,0	18,5	61,7	43,2	MW_D = 41,6°C
5	0,40	64,5	19,8	63,0	43,2	
6	0,33	67,5	19,7	61,2	41,3	s = 1,04°C
7	0,34	68,5	20,0	60,8	40,8	
8	0,35	67,5	20,4	61,0	40,4	
9	0,37	68,9	20,0	61,0	41,0	
10	0,40	68,0	19,2	60,7	41,5	

Tabelle 22: Erhitzungsversuche 100°C (20 min)

Ei	Sd (mm)	Gew. (g)	AT (°C)	ET (°C)	D (°C)	
1	0,38	56,5	19,8	61,8	42,0	
2	0,36	68,5	20,2	59,4	39,2	
3	0,27	62,8	18,0	58,6	40,6	MW_D = 39,5°C
4	0,37	66,9	18,3	60,2	41,9	
5	0,29	70,1	19,1	59,4	40,3	s = 1,63°C
6	0,28	68,3	19,1	58,3	39,2	
7	0,29	68,0	20,6	58,4	37,6	
8	0,34	68,5	20,0	58,6	38,6	
9	0,35	68,0	19,1	56,9	37,8	
10	0,36	68,5	18,5	56,4	37,9	

Tabelle 23: Anstieg der Temperatur (°C) direkt unterhalb der Schale bei Anwendung von Heißluft, T = 60°C

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5	Ei 6	Ei 7	Ei 8	Ei 9	Ei 10	X	s
0	25,3	22,3	21,2	21,3	22,5	17,4	21,7	18,2	18,1	18,1	20,6	2,56
1	29,2	24,4	25,2	24,4	27,4	22,5	25,5	23,4	21,5	20,6	24,4	2,61
2	30,8	26,4	27,8	26,3	29,1	25,6	28,1	25,9	24,5	22,8	26,7	2,31
3	32,2	27,9	29,6	28,1	30,4	28,0	30,0	28,2	26,0	24,8	28,5	2,15
4	33,3	29,3	31,0	29,8	31,6	29,7	31,6	30,0	27,6	26,4	30,0	2,01
5	34,4	30,5	32,4	31,2	32,8	31,2	33,2	31,4	28,8	27,7	31,4	2,01
6	35,5	31,6	33,6	32,2	33,9	32,3	34,5	32,5	30,0	29,0	32,5	1,99
7	36,4	33,0	34,6	33,2	34,5	33,3	35,8	33,6	31,2	30,3	33,6	1,88
8	37,2	34,0	35,4	34,2	35,3	34,2	36,9	34,5	32,2	31,5	34,5	1,80
9	38,0	34,9	36,4	35,1	36,2	35,2	37,8	35,3	33,2	32,6	35,5	1,76
10	38,8	35,8	37,4	36,0	36,9	36,0	38,6	36,2	34,2	33,6	36,4	1,67
11	39,6	36,6	38,2	36,8	37,5	36,8	39,3	36,9	35,1	34,5	37,1	1,62
12	40,4	37,3	39,0	37,5	38,4	37,7	40,1	37,6	36,1	35,4	38,0	1,59
13	41,2	38,2	39,7	38,4	39,2	38,5	40,8	38,4	37,0	36,4	38,8	1,51
14	41,9	39,1	40,4	39,2	39,9	39,3	41,6	39,1	37,8	37,3	39,6	1,46
15	42,6	39,9	41,0	39,9	40,7	40,1	42,4	39,9	38,6	38,2	40,3	1,39
16	43,2	40,8	41,6	40,8	41,4	40,8	43,0	40,7	39,4	39,0	41,0	1,34
17	43,8	41,4	42,3	41,5	42,2	41,5	43,6	41,4	40,2	39,7	41,8	1,30
18	44,4	42,2	42,9	42,1	43,0	42,2	44,2	42,0	41,0	40,5	42,5	1,24
19	45,1	42,8	43,6	42,6	43,7	42,8	44,8	42,7	41,7	41,2	43,1	1,23
20	45,7	43,6	44,2	43,3	44,2	43,4	45,4	43,3	42,4	41,9	43,7	1,19
21	46,3	44,3	44,9	44,0	44,8	44,0	46,0	43,8	43,1	42,6	44,4	1,13
22	46,8	44,9	45,6	44,8	45,3	44,5	46,4	44,3	43,7	43,2	45,0	1,12
23	47,3	45,5	46,1	45,6	45,8	45,0	46,8	44,9	44,3	43,8	45,5	1,07
24	47,8	46,0	46,6	46,1	46,2	45,5	47,3	45,4	44,8	44,4	46,0	1,05
25	48,4	46,6	47,2	46,6	46,7	46,0	47,7	45,9	45,3	44,9	46,5	1,07
26	48,9	47,1	47,8	47,1	47,2	46,7	48,1	46,3	45,8	45,6	47,1	1,03
27	49,4	47,7	48,1	47,7	47,7	47,2	48,5	46,8	46,3	46,1	47,6	1,00
28	49,9	48,2	48,5	48,2	48,2	47,7	49,0	47,4	46,8	46,7	48,1	0,97
29	50,4	48,8	48,9	48,6	48,6	48,2	49,4	47,9	47,2	47,2	48,5	0,91
30	50,8	49,3	49,2	49,0	49,0	48,6	49,9	48,3	47,6	47,8	49,0	0,96
31	51,2	49,7	49,5	49,3	49,3	49,0	50,3	48,7	48,0	48,3	49,3	0,94
32	51,4	50,2	49,8	49,6	49,7	49,5	50,6	49,1	48,5	48,7	49,7	0,87
33	51,6	50,6	50,1	50,0	50,1	50,0	50,8	49,6	49,0	49,1	50,1	0,78
34	51,8	50,8	50,4	50,3	50,4	50,3	51,0	49,8	49,4	49,4	50,4	0,73
35	52,0	51,0	50,7	50,6	50,6	50,6	51,2	50,0	49,7	49,6	50,6	0,72

Tabelle 24: Anstieg der Temperatur (°C) direkt unterhalb der Schale bei Anwendung von Heißluft, T = 75°C

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5	Ei 6	Ei 7	Ei 8	Ei 9	Ei 10	X	
0	23,4	21,6	20,5	20,0	18,6	18,5	21,0	18,5	18,3	19,5	20,0	1,93
1	27,9	26,5	26,0	24,5	23,6	23,3	27,2	25,6	22,4	25,6	25,3	1,78
2	31,7	30,2	29,4	28,6	27,9	27,4	30,3	29,0	26,7	29,1	29,0	1,55
3	34,2	32,7	32,3	31,0	31,0	30,0	32,6	31,0	29,4	31,5	31,6	1,41
4	36,4	35,1	34,5	33,0	33,6	32,1	34,5	32,6	31,2	33,6	33,7	1,54
5	38,3	36,9	36,2	34,6	35,6	33,6	36,2	34,5	32,9	35,2	35,4	1,60
6	40,0	38,4	37,7	36,0	37,2	35,3	37,7	36,0	34,7	36,8	37,0	1,57
7	41,6	39,6	39,2	37,4	38,6	36,8	39,0	37,2	36,4	38,2	38,4	1,55
8	42,8	41,0	40,4	38,9	40,0	38,2	40,2	38,4	37,8	39,7	39,7	1,50
9	44,2	42,4	41,7	40,0	41,4	39,7	41,4	39,8	39,2	41,2	41,1	1,48
10	45,4	43,6	42,9	41,3	42,7	41,1	42,8	41,0	40,8	42,5	42,4	1,39
11	46,5	44,8	44,0	42,6	44,1	42,6	44,2	42,5	42,2	43,8	43,7	1,32
12	47,5	45,9	45,2	43,7	45,5	44,0	45,4	43,6	43,5	45,0	44,9	1,26
13	48,5	46,9	46,4	44,8	46,5	45,0	46,6	44,8	44,8	46,0	46,0	1,21
14	49,3	47,8	47,6	45,8	47,6	45,7	47,5	46,0	46,0	47,1	47,0	1,16
15	50,3	48,8	48,6	46,9	48,7	47,4	48,4	47,2	47,1	48,1	48,2	1,04
16	51,2	49,8	49,6	48,1	49,7	48,6	49,2	48,5	48,4	49,0	49,2	0,91
17	52,2	50,8	50,7	49,2	50,8	49,4	50,2	49,6	49,4	50,0	50,2	0,92
18	53,1	51,8	51,6	50,0	51,8	50,4	51,0	50,6	50,6	51,0	51,2	0,90
19	54,0	52,8	52,6	51,0	52,7	51,4	51,9	51,6	51,6	51,9	52,2	0,88
20	54,8	53,7	53,4	51,8	53,5	52,1	52,7	52,4	52,3	52,8	53,0	0,90
21	55,6	54,5	54,2	52,6	54,4	52,9	53,6	53,4	53,2	53,7	53,8	0,89
22	56,1	55,1	55,0	53,4	55,1	53,8	54,4	54,4	54,0	54,6	54,6	0,78
23	56,8	55,9	56,0	54,3	55,9	54,8	55,2	55,2	55,2	55,3	55,5	0,71
24	57,4	56,5	56,7	55,1	56,6	55,6	56,0	55,9	56,2	56,0	56,2	0,64
25	57,8	57,0	57,0	56,0	57,2	56,4	56,6	56,4	56,7	56,7	56,8	0,50

Tabelle 25: Anstieg der Temperatur (°C) direkt unterhalb der Schale bei Anwendung von Heißluft, T = 85°C

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5	Ei 6	Ei 7	Ei 8	Ei 9	Ei 10	X	
0	20,8	20,3	19,0	18,5	19,8	19,7	20,0	20,4	20,0	19,2	19,8	0,70
1	28,6	28,1	27,8	27,4	28,6	27,3	26,7	27,8	26,6	26,0	27,5	0,86
2	32,4	31,1	31,3	30,9	33,0	30,6	30,3	32,0	30,9	29,6	31,2	1,01
3	35,3	33,1	33,9	33,6	35,4	33,0	32,9	34,9	34,2	32,4	33,9	1,06
4	37,5	34,9	36,1	36,2	37,6	35,3	34,8	37,0	36,7	34,6	36,1	1,13
5	39,2	36,6	38,0	38,4	39,6	37,5	36,5	38,9	38,7	36,7	37,8	1,16
6	41,0	38,2	40,0	40,3	41,2	39,2	38,0	40,7	40,6	38,8	39,8	1,17
7	42,6	39,8	41,8	42,0	42,9	40,8	39,6	42,3	42,2	40,5	41,5	1,18
8	44,0	41,4	43,3	43,4	44,4	42,4	41,1	43,7	43,7	42,0	42,9	1,14
9	45,4	42,9	44,6	44,8	45,8	43,9	42,6	45,3	45,5	43,4	44,4	1,14
10	46,8	44,4	46,0	46,1	47,4	45,3	44,0	46,7	46,7	44,5	45,8	1,18
11	48,2	46,0	47,3	47,5	48,7	46,8	45,5	48,1	47,9	46,1	47,2	1,07
12	49,4	47,4	48,7	48,8	50,0	48,0	46,9	49,2	49,3	47,3	48,5	1,04
13	50,6	48,8	50,0	50,0	51,4	49,3	48,2	50,3	50,4	48,7	49,8	0,99
14	51,7	50,1	51,2	51,1	52,6	50,4	49,6	51,4	51,5	49,7	50,0	0,96
15	52,8	51,6	52,3	52,3	53,6	51,6	50,8	52,4	52,6	50,8	52,1	0,88
16	53,9	52,8	53,4	53,4	54,8	52,8	52,0	53,2	53,7	51,9	53,2	0,87
17	54,9	54,0	54,4	54,5	55,8	54,0	53,2	54,2	54,8	53,1	54,3	0,80
18	56,0	55,1	55,4	55,6	57,0	55,2	54,4	55,0	55,7	53,9	55,3	0,85
19	56,9	56,2	56,5	56,7	58,0	56,4	55,4	56,0	56,5	54,9	56,4	0,84
20	57,8	57,2	57,4	57,7	59,0	57,4	56,4	56,9	57,3	56,1	57,3	0,80
21	58,7	58,3	58,4	58,6	60,0	58,3	57,4	57,8	58,0	57,0	58,3	0,82
22	59,5	59,2	59,3	59,5	61,0	59,2	58,4	58,7	58,8	58,0	59,1	0,81
23	60,2	60,2	60,3	60,4	61,7	59,9	59,3	59,6	59,6	58,8	60,0	0,78
24	61,0	61,1	61,1	61,0	62,4	60,6	60,1	60,4	60,2	59,6	60,8	0,77
25	61,7	61,5	61,8	61,7	63,0	61,2	60,8	61,0	61,0	60,7	61,4	0,68

Tabelle 26: Anstieg der Temperatur (°C) direkt unterhalb der Schale bei Anwendung von Heißluft, T = 100°C

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5	Ei 6	Ei 7	Ei 8	Ei 9	Ei 10	X	
0	19,8	20,2	18,0	18,3	19,1	19,1	20,6	20,0	19,1	19,1	19,3	0,82
1	29,4	30,0	26,0	30,0	25,6	27,4	28,6	27,6	25,4	27,4	27,7	1,73
2	33,9	33,4	30,0	33,9	30,8	31,5	32,2	31,5	28,4	31,5	31,7	1,75
3	36,8	36,1	32,9	36,5	33,8	34,4	35,0	34,4	31,0	34,4	34,5	1,75
4	39,7	38,3	35,3	38,8	36,1	36,7	37,4	36,7	33,7	36,2	36,9	1,74
5	42,0	40,0	37,3	41,0	38,2	38,8	39,2	38,0	36,0	39,0	39,0	1,72
6	44,2	41,8	39,2	42,7	40,3	40,6	40,8	40,6	38,0	40,8	40,9	1,70
7	46,0	43,4	41,0	44,5	42,3	42,6	42,4	42,0	39,6	42,8	42,7	1,74
8	47,8	45,0	42,6	46,0	44,2	44,4	44,0	43,6	41,0	44,5	44,3	1,83
9	49,4	46,6	44,3	47,5	46,0	45,9	45,5	45,2	42,8	45,8	45,9	1,77
10	51,0	48,0	45,7	49,0	47,6	47,4	47,0	46,6	44,5	47,4	47,4	1,76
11	52,6	49,2	47,1	50,1	48,6	48,8	48,4	48,0	46,0	48,7	48,8	1,76
12	54,0	50,4	48,6	51,4	50,1	50,1	49,9	49,2	47,2	50,1	50,1	1,78
13	55,2	51,8	50,0	52,6	51,4	51,3	51,0	50,4	48,6	51,3	51,4	1,73
14	56,4	53,0	51,4	53,7	52,6	52,5	52,2	51,6	49,8	52,4	52,6	1,71
15	57,4	54,2	52,8	54,9	53,7	53,5	53,2	52,8	51,0	53,4	53,7	1,66
16	58,5	55,3	54,1	56,4	54,9	54,4	54,3	54,1	52,2	54,4	54,9	1,66
17	59,6	56,5	55,0	57,4	55,8	55,4	55,4	55,2	53,5	55,4	55,9	1,64
18	60,5	57,6	56,0	58,4	57,0	56,4	56,4	56,6	54,7	56,1	57,0	1,58
19	61,3	58,6	57,3	59,4	58,1	57,3	57,5	57,6	55,8	57,4	58,0	1,48
20	61,8	59,4	58,6	60,2	59,4	58,2	58,6	58,6	56,9	58,3	59,0	1,32

Temperaturerhöhungen des Eies bei verschiedenen Luftfeuchtigkeitswerten (T = ca. 60°C).

Tabelle 27

Erwärmungsverlauf direkt unter der Schale (°C)

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5
1	30,3	27,7	29,1	30,0	29,7
2	32,8	29,6	31,4	32,0	32,1
3	34,6	31,3	32,9	33,6	33,9
4	36,0	32,6	34,3	35,0	35,2
5	37,1	33,8	35,3	36,4	36,4
6	38,1	34,4	36,3	37,5	37,5
7	39,2	35,8	37,2	38,3	38,3
8	40,2	36,7	38,1	39,3	39,4
9	41,2	37,4	38,9	40,3	40,1
10	42,0	38,3	39,6	41,1	40,8
11	42,9	39,0	40,4	42,0	41,7
12	43,6	40,0	41,1	42,8	42,5
13	44,4	40,8	41,8	43,5	43,1
14	45,1	41,4	42,6	44,2	43,7
15	45,8	42,0	43,2	44,8	44,2
16	46,6	42,6	43,7	45,5	44,8
17	47,3	43,1	44,2	46,1	45,3
18	48,0	43,8	44,8	46,6	45,9
19	48,6	44,4	45,4	47,1	46,4
20	49,1	44,9	46,0	47,7	46,8
21	29,5	45,3	46,3	48,4	47,2
22	49,8	45,7	46,9	49,0	47,7
23	50,0	46,1	47,2	49,5	48,2
24	50,3	46,5	47,9	49,9	48,6
25	50,6	47,0	48,2	50,2	49,2
26	50,9	47,5	48,6	50,6	49,6
27	51,2	48,0	49,2	51,0	50,0
28	51,6	48,3	49,6	51,4	50,3
29	51,8	48,6	50,0	51,6	50,7
30	52,0	49,0	50,3	51,8	51,0

Tabelle 28

Erwärmungsverlauf im Dotterbereich (°C)

min	Ei 1	Ei 2	Ei 3	Ei 4	Ei 5
1	23,5	22,9	24,6	24,7	22,8
2	23,5	22,9	24,6	24,7	22,8
3	23,9	23,6	24,8	24,7	23,8
4	24,8	24,6	25,2	25,1	24,8
5	25,8	25,8	26,2	26,0	26,0
6	26,8	26,8	27,2	27,0	27,0
7	27,8	27,8	28,4	28,1	28,4
8	28,9	28,8	29,4	29,1	29,5
9	30,0	29,8	30,5	30,0	30,7
10	31,0	30,8	31,6	31,0	31,9
11	32,1	31,7	32,8	32,0	33,0
12	33,0	32,7	33,7	33,1	34,2
13	34,1	33,7	34,6	34,2	35,3
14	35,0	34,6	35,6	35,1	36,2
15	36,0	35,6	36,4	36,1	37,1
16	37,1	36,5	37,3	37,0	38,0
17	38,0	37,5	38,3	37,9	38,9
18	39,1	38,4	39,0	38,8	39,8
19	40,1	39,2	39,7	39,7	40,6
20	41,1	40,2	40,4	40,6	41,4
21	42,0	41,1	41,0	41,4	42,3
22	43,0	42,0	41,7	42,2	43,0
23	43,8	43,0	42,3	42,8	43,8
24	44,7	43,8	43,0	43,6	44,3
25	45,6	44,6	43,6	44,4	44,9
26	46,5	45,4	44,2	45,0	45,5
27	47,4	46,2	44,7	45,5	46,1
28	48,4	47,0	45,3	46,1	46,6
29	49,2	47,6	45,8	46,7	47,2
30	50,0	48,2	46,5	47,3	47,7

Schlupfversuche im Temperaturbereich, T = 60°C

Tabelle 29

Vers.1 Erhitzungsdauer = 25 min					Vers.2 Erhitzungsdauer = 25 min				
Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	47	+	+	+	1	69	+	+	+
2	60	+	+	+	2	65	u		
3	66	+	+	+	3	65	+	+	+
4	67	+	+	+	4	62	+	+	+
5	46	+	+	+	5	68	+	+	+
6	66	+	+	+	6	67	+	+	+
7	65	+	+	+	7	63	+	-	
8	54	+	+	+	8	60	+	+	+
9	45	+	+	+	9	65	+	+	+
10	63	+	+	+	10	61	+	+	+
11	55	+	+	+	11	63	+	+	+
12	48	+	+	+	12	62	+	+	+
13	48	+	+	+	13	58	+	+	-
14	50	+	+	+	14	60	+	+	+
15	62	u			15	62	+	+	+
16	61	+	+	+	16	61	+	+	+
17	60	+	+	+	17	66	+	+	+
18	67	u			18	64	+	+	+
19	54	+	+	+	19	64	+	+	+
20	50	+	+	+	20	61	+	+	+
Schlupfrate = 90 %					Schlupfrate = 85 %				

Zeichenerklärung: + Embryo lebt bzw. Küken ist geschlüpft
- Embryo ist abgestorben
u unbefruchtet

Tabelle 30

Vers.3 Erhitzungsdauer = 30 min					Vers.4 Erhitzungsdauer = 30 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	70	+	+	+	1	66	+	+	-
2	59	+	+	+	2	48	+	+	+
3	67	u			3	76	+	+	+
4	79	+	+	-	4	68	+	+	+
5	68	+	+	+	5	68	-		
6	68	+	+	+	6	66	u		
7	69	+	+	+	7	51	+	+	+
8	69	+	+	+	8	65	+	+	+
9	74	+	+	+	9	62	+	+	+
10	64	+	+	+	10	65	-		
11	66	u			11	56	+	+	+
12	67	+	+	-	12	67	+	+	+
13	64	+	+	+	13	66	+	+	+
14	64	+	+	+	14	68	+	+	+
15	66	+	+	+	15	72	u		
16	69	+	+	+	16	50	+	+	+
17	72	-			17	64	+	+	+
18	59	+	+	+	18	65	+	+	+
19	65	+	+	+	19	62	+	+	+
20	64	+	+	+	20	66	+	+	+
Schlupfrate = 75 %					Schlupfrate = 75 %				

Tabelle 31

Vers.5 Erhitzungsdauer = 35 min					Vers.6 Erhitzungsdauer = 35 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	68	-			1	63	+	+	+
2	64		+	+	2	57	+	+	-
3	78	+	+	+	3	61	-		
4	69	-			4	66	+	+	+
5	56	+	+	+	5	65	+	+	+
6	67	u			6	68	-		
7	68	+	+	+	7	44	+	+	+
8	64	+	+	+	8	49	-		
9	66	-			9	66	+	+	+
10	70	+	-		10	61	+	+	+
11	65	+	+	+	11	64	+	+	+
12	66	+	+	+	12	65	+	+	+
13	66	+	-		13	70	+	+	+
14	64	+	+	+	14	68	+	+	+
15	68	+	+	+	15	54	+	+	+
16	58	+	+	+	16	66	u		
17	66	-			17	63	+	+	+
18	65	+	+	+	18	64	+	+	-
19	65	u			19	61	+	+	+
20	68	+	+	+	20	65	+	+	+
Schlupfrate = 55 %					Schlupfrate = 70 %				

Schlupfversuche im Temperaturbereich, T = 75°C

Tabelle 32

Vers.1 Erhitzungsdauer = 15 min					Vers.2 Erhitzungsdauer 0 15 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	68	u			1	64	+	+	+
2	66	+	+	-	2	68	+	+	+
3	69	+	+	+	3	67	+	+	+
4	60	+	+	+	4	69	u		
5	63	+	-		5	62	+	+	+
6	67	+	+	+	6	65	-		
7	69	+	+	+	7	65	+	+	+
8	61	+	+	+	8	64	+	+	+
9	68	+	+	+	9	62	+	+	+
10	66	+	+	+	10	66	+	+	+
11	68	+	+	+	11	65	-		
12	66	+	+	+	12	63	u		
13	68	+	+	+	13	66	+	+	+
14	64	+	+	+	14	64	+	+	+
15	64	+	+	+	15	62	+	+	+
16	58	+	+	+	16	58	+	+	+
17	62	+	+	+	17	66	+	+	+
18	64	+	+	+	18	60	+	+	+
19	61	u			19	63	+	+	+
20	68	+	+	+	20	67	+	+	+
Schlupfrate = 80 %					Schlupfrate = 80 %				

Tabelle 33

Vers.3 Erhitzungsdauer = 20 min					Vers.4 Erhitzungsdauer = 20 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	68	-			1	69	+	+	+
2	64	+	-		2	60	+	+	+
3	69	+	+	+	3	65	+	+	+
4	65	+	+	+	4	54	-		
5	66	-			5	61	+	+	+
6	69	+	+	+	6	67	+	-	
7	66	+	+	+	7	66	-		
8	69	+	+	+	8	64	+	+	-
9	74	+	+	+	9	66	-		
10	59	+	+	+	10	62	+	+	-
11	64	u			11	69	+	+	+
12	66	+	-		12	61	+	+	+
13	64	+	+	+	13	65	+	-	
14	69	+	+	+	14	60	+	+	+
15	68	+	+	+	15	67	-		
16	72	+	-		16	68	+	+	+
17	63	+	-		17	58	-		
18	66	-			18	68	-		
19	65	+	+	+	19	62	+	+	+
20	69	+	+	+	20	60	+	+	+
Schlupfrate = 60 %					Schlupfrate = 50 %				

Tabelle 34

Vers.5 Erhitzungsdauer = 25 min					Vers.6 Erhitzungsdauer = 25 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	70	-			1	65			
2	66	-			2	69	-		
3	60	-			3	66	+	-	
4	62	+	+	+	4	62	+	+	+
5	60	-			5	68	+	+	+
6	64	-			6	61	-		
7	67	+	+	+	7	61	-		
8	66	+	+	+	8	64	-		
9	64	-			9	68	+	+	+
10	64	-			10	69	+	+	+
11	62	-			11	66	+	-	
12	68	-			12	61	-		
13	67	u			13	63	-		
14	60	+	+	+	14	68	+	+	+
15	66	-			15	68	-		
16	72	-			16	62	+	+	+
17	68	+	+	+	17	60	-		
18	64	-			18	64	+	+	+
19	60	-			19	66	-		
20	61	-			20	58	+	+	+
Schlupfrate = 25 %					Schlupfrate = 40 %				

Schlupfversuche im Temperaturbereich, T = 85°C

Tabelle 35

Vers.1 Erhitzungsdauer = 10 min					Vers.2 Erhitzungsdauer = 10 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	66	+	+	-	1	64	+	+	+
2	64	+	+	+	2	62	+	-	
3	64	+	+	+	3	60	+	-	
4	60	+	+	+	4	70	+	+	+
5	67	u			5	55	+	+	+
6	63	+	+	+	6	68	+	+	+
7	68	+	+	+	7	68	+	-	
8	68	+	+	+	8	58	+	+	+
9	62	+	+	+	9	56	+	+	+
10	62	+	+	+	10	67	-		
11	64	+	+	+	11	58	+	+	+
12	63	+	+	+	12	56	+	+	+
13	59	+	+	+	13	67	u		
14	58	+	+	+	14	64	+	+	+
15	70	+	+	+	15	66	+	+	+
16	62	+	+	+	16	64	+	+	+
17	66	+	+	+	17	62	+	+	+
18	63	+	+	+	18	68	+	+	+
19	64	u			19	69	+	+	+
20	62	+	+	+	20	65	+	+	+
Schlupfrate = 85 %					Schlupfrate = 75 %				

Tabelle 36

Vers.3 Erhitzungsdauer = 15 min					Vers.4 Erhitzungsdauer = 15 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	68	+	+	+	1	64	.	.	
2	65	+	+	+	2	66	+	+	-
3	68	-			3	58	+	+	+
4	59	+	+	+	4	66	+	+	+
5	62	+	+	+	5	66	-		
6	61	+	+	+	6	66	-		
7	56	+	+	+	7	66	+	+	-
8	66	-			8	68	-		
9	57	-			9	56	-		
10	66	-			10	64	+	+	+
11	69	+	+	+	11	64	+	+	+
12	62	+	+	+	12	58	+	+	-
13	64	+	+	+	13	69	-		
14	63	-			14	66	+	+	+
15	66	-			15	63	+	+	-
16	58	+	+	+	16	68	+	+	+
17	64	+	+	+	17	62	+	+	+
18	60	u			18	68	-		
19	69	+	+	+	19	64	u		
20	57	-			20	66	-		
Schlupfrate = 60 %					Schlupfrate = 40 %				

Tabelle 37

Vers.5 Erhitzungsdauer = 20 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	69	-		
2	64	-		
3	74	+	+	-
4	63	-		
5	64	-		
6	67	-		
7	64	-		
8	66	+	+	+
9	69	+	+	+
10	68	-		
11	65	-		
12	62	-		
13	67	-		
14	68	+	+	+
15	72	-		
16	64	+	+	-
17	69	+	+	+
18	66	+	+	+
19	66	-		
20	68	-		
Schlupfrate = 25 %				

Vers.6 Erhitzungsdauer = 20 min				
Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	59	-		
2	63	-		
3	69	+	-	
4	66	-		
5	67	-		
6	74	+	+	+
7	55	-		
8	66	+	+	+
9	57	-		
10	66	+	-	
11	56	-		
12	65	-		
13	68	-		
14	66	+	+	+
15	63	-		
16	64	-		
17	69	+	+	-
18	58	+	+	+
19	63	-		
20	61	-		
Schlupfrate = 20 %				

Schlupfversuche im Temperaturbereich, T = 100°C

Tabelle 38

Vers.1 Erhitzungsdauer = 5 min					Vers.2 Erhitzungsdauer = 5 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	60	+	+	+	1	66	+	+	+
2	71	+	+	-	2	67	+	+	+
3	69	+	+	+	3	73	+	+	-
4	66	+	+	+	4	64	+	+	+
5	68	+	+	+	5	66	+	+	+
6	70	+	+	+	6	64	+	+	+
7	68	+	+	+	7	67	+	+	+
8	68	+	+	+	8	80	+	-	
9	61	u			9	62	+	+	+
10	69	+	+	+	10	69	+	+	+
11	66	+	+	+	11	62	+	+	+
12	68	-		+	12	68	+	+	+
13	70	+	+	+	13	66	+	+	+
14	68	+	+	+	14	64	+	+	+
15	67	+	+	+	15	70	+	+	+
16	61	+	+	+	16	72	+	+	+
17	58	+	+	+	17	66	+	+	+
18	64	+	+	+	18	66	+	+	+
19	66	+	+	+	19	63	+	+	+
20	65	+	+	-	20	62	+	+	+
Schlupfrate = 75 %					Schlupfrate = 90 %				

Tabelle 39

Vers.3 Erhitzungsdauer = 10 min					Vers.4 Erhitzungsdauer = 10 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	67	+	+	-	1	71	+	+	+
2	65	+	+	+	2	66	+	+	+
3	60	+	+	+	3	67	-		
4	65	+	+	+	4	66	+	+	+
5	66	-			5	65	-		
6	68	+	+	+	6	70	+	+	+
7	68	+	+	+	7	75	+	+	-
8	74	+	+	-	8	62	+	+	+
9	65	+	+	+	9	76	+	+	+
10	74	+	+	+	10	68	+	+	+
11	65	+	+	+	11	65	-		
12	62	+	+	+	12	65	+	+	-
13	69	+	+	+	13	69	+	+	+
14	68	+	+	+	14	62	+	+	+
15	66	-			15	72	+	+	-
16	65	+	+	+	16	67	+	+	+
17	71	+	+	-	17	66	-		
18	65	+	+	+	18	66	+	+	+
19	67	+	+	+	19	65	+	+	+
20	63	+	+	+	20	67	+	+	+
Schlupfrate = 75 %					Schlupfrate = 65 %				

Tabelle 40

Vers.5 Erhitzungsdauer = 15 min					Vers.6 Erhitzungsdauer = 15 min				
Ei	Gew.	6.Tag	18.Tag	Schlupf	Ei	Gew. (g)	6.Tag	18.Tag	Schlupf
1	67	-			1	66	+	+	-
2	61	-			2	66	+	+	-
3	65	+	+	+	3	60	+	+	+
4	66	-			4	66	+	+	-
5	67	+	-		5	61	+	+	+
6	69	+	+	-	6	69	-		
7	70	-			7	57	-		
8	69	+	+	-	8	67	+	-	
9	66	+	+	+	9	68	-		
10	69	-			10	67	+	+	+
11	65	+	-		11	66	+	+	+
12	68	-			12	62	-		
13	66	+	+	+	13	67	+	-	
14	66	+	+	-	14	64	+	+	+
15	69	-			15	68	-	-	
16	64	-			16	58	-	-	
17	71	+	+	+	17	62	+	+	+
18	62	-			18	64	-	-	
19	60	-			19	60	+	+	+
20	68	-			20	66	+	+	+
Schlupfrate = 20 %					Schlupfrate = 45 %				

7. Literaturverzeichnis

Adler, H.E., Da Massa, A.J. Scott, W.F. — Studies on egg disinfection Poultry Sci. 58, 799 - 806, 1979

Alls, A.A. Benton, W.J. Krauss, W.C. Cover, M.S. — Treatment of hatching eggs for disease prevention - application of ultrasonic energy Avian Dis. 8, 545, 1964

Barth, J. Dähne, S. Falta, W. Fischer, J. (Autorenkollektiv) — Erzeugung, Messung und Anwendung ultravioletter Strahlen Fortschritte der experimentellen und theoretischen Biophysik, 25 Hrsg. W. Beier, Georg Thieme Verlag, Leipzig, 1980

Baxter-Jones, C. Wilding, G.P. — Salmonella contamination of turkeys: recent progress towards improved control Arbeitsbericht der British United Turkeys Limited, England, 1982 a

Dieselben — Controlling Egg Borne Pathogens Poultry International, Juni 1982, 12 - 22, 1982 b

Beaudette, F.R. Bushnell, L.D. Payne, L.F. — Relation of Bacteria Pullorum to hatchability of eggs J. Inf.Dis. 33, 331 - 337, 1923

Bigland, C.H.
Papas, G.
Experiment in egg penetration by salmonellae
Canad. J.Comp.Med. 17, 105 - 109, 1953

Board, R.G.
The course of microbiological infection of the hen's egg
J. of Appl. Microbiology 29, 319 - 341, 1966

Derselbe
The microbiology of the hen's egg
J. of Appl. Microbiology 11, 245 - 281, 1970

Böhmer, K.
Formalinvergiftung
Dtsch. Z.ges.gerichtl.Med. 23, 7 - 18, 1934

Borgmann, F.
Untersuchungen zur Bruthygiene in der Produktion von Puteneintagsküken unter besonderer Berücksichtigung der Bruteierbehandlung mit Tylosin
Diss.med.vet., Bonn, 1973

Bossi, O.
Grasso, R.E.
Zina, G.
On allergic dermatoses due to formaldehyde
Minerva derm. 40, 8 - 158, 1965

Brown, W.E.
Baker, R.C.
Naylor, H.B.
Comparative susceptibility of chicken, duck and turkey eggs to microbial invasion
J. Food Sci. 30, 886 - 892, 1965

Burr, W.E.
Helmboldt, C.F.
Salmonella species contaminants in three animal by - products
Avian Dis. 6, 441 - 443, 1962

Buxton, A.
Gordon, R.F.
The epidemiology and control of S.thompson infections in fowl
J.Hyg.Camb. 45, 265 - 281, 1947

Cavalli-Sforza, L.
Biometrie
Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1980

Corry, J.E.
Barnes, E.M.
The heat resistance of salmonellae in egg albumin
British Poultry Sci., 9, 253 - 256, 1968

Cotterill, O.J.
Equivalent pasteurization temperatures to kill salmonellae in liquid egg white at va - rious pH levels
Poultry Sci. 47, 354 - 365, 1968

Cotterill, O.J.
Winter, R.A.
Egg white lysozyme.
2. Effect of thermostabilization
Poultry Sci. 33, 1185 - 1191, 1954

D'Aoust, Y.J.
Recovery of Sublethally Heat Injury of S. typhimurium on Supplement Plating Media.
Appl. Erwironm. Microbiol. 35, 483 - 486, 1978

Davis, B.D.
Dulbecco, R.
Eisen, H.N.
Ginsberg, H.S.
Wood, W.B.
Microbiology
Hoeber Medical Division, Harper & Row, Publishers, New York, 1972

Dawson, L.E.
Hall, C.W.
Farmer, E.H.
Mallmann, W.L.
The use of ultrasonic energy for cleaning eggs
Poultry Sci. 16, 625, 1962

Dorn, P.
Bruthygiene
Dtsch. Geflügelwirtschaft 14, Heft 6, 73 - 74, 1962

Doull, J.
Curtis, D.K.
Amdur, M.
Cassarett and Doull's Toxicology
The basic science of poisons, Second Ed.
Macmillan Publishing Co., New York, 1980

Eberhartinger, Ch.
Ebner, H.
Beitrag zur Formalin Kontakt-Allergie
Berufsdermatosen 12, 301 - 316, 1964

Ellemann, G.
Terp, L.
Egg-borne salmonellosis (hens' eggs)
Proc. VIIIth Nord.Vet.Congr. Helsinki 1958, 810 - 818, 1959

Ely, F.A.
Formaldehyde poisonning
J. Am.Med.Assoc. 54, 1140 - 1141, 1910

EMAS (Engl. Medical Advisory Service)
Du Pont
zit. nach Chemistry and Industry 19, Juni 1982

Feeney, R.E.
Abplanalp, H.
Clary, J.J.
Edwards, D.L.
Clark, J.R.
A genetically varying minor protein constituent of chicken egg-white
J.Biol.Chem. 238, 1732, 1963

Fraenkel - Conrat, L. The action of 1,2 epoxides on proteins
J. Biol.Chemie 154, 227 - 246, 1944

Garibaldi, J.A. Factors in egg white, which control growth of bacteria
Food Res. 25, 337 - 344, 1960

Garibaldi, J.A.
Straka, R.P.
Ijichi, K. Heat resistance of salmonellae in various egg products
Appl.Microbiology 17, 491 - 496, 1969

Geissler, H. Reinigung und Desinfektion in der Ge - flügelwirtschaft
Desinfektion in Tierhaltung, Fleisch- und Milchwirtschaft
Enke Verlag, Stuttgart, 1981

Gerriets, E. Die Gasdesinfektion der Bruteier
Tierzucht, Heft 2, 88 - 89, 1961

Gilbert, A.B. The egg in reproduction
aus Bell & Freeman,
Physiology and Biochemistry of the do - mestic fowl, Vol. 3
Academic Press, London, New York, 1971

Großklaus, D. Geflügelfleischhygiene
Verlag Paul Parey, Berlin u. Hamburg, 1979

Heider, G. Vorbeugender Gesundheitsschutz in der industriellen Geflügelproduktion
Gustav Fischer Verlag, Jena, 1972

Hemann, R.
Handbuch der Desinfektion und Sterili - sation (1)
Hrsg. Horn, Privera, Weuffen, VEB Ver - lag, Volk u. Gesundheit, Berlin, 252 - 276, 1972

Hüttner, B.
Versuche zur Bruteibegasung mit Formalin
Tierärztl. Umschau 28, 20 - 26, 1973

Jordan, F.T.W.
Amin, M.M.
The influence of preincubation heating turkey eggs on Mycoplasma infection
Avian Path. 7, 349 - 355, 1978

Köhler, K.
Vogel, K.
Kühn, H.
Rasch, W.
Rummler, H.J.
Schulze, L.
Schöll, W.
Epizootologie der Salmonella typhimurium - Infektion beim Huhn
Arch. exper. Vet.Med. Leipzig 33, 281 - 298, 1979

Kyti, M.
Tuomainen, L.
Nikunen, E.
Uotila, M.
Über die mikrobiologische Qualität der Hühnereier
Finsk Veterinartidskrift 74, 297 - 306, 1968

Lancaster, J.E.
Crabb, W.E.
Studies on disinfection of eggs and in - cubator on the surface of the hens' egg and on the incubator debris
Brit.Vet.J. 109, 139 - 148, 1953

Landgraf, H.
Vielitz, E.
Die Mycoplasmose - Tilgung in einem dt. Geflügelstammzuchtbetrieb und Maß - nahmen für mycoplasmosefreie Elterntier - haltung
Tierärztl. Umschau 24, 228 - 235, 1969

Lang, K. — Die Entstehungswege bakterieller Fleisch- und Lebensmittelvergiftungen
Dtsch. tierärztl. W.Schr. 16, 443 - 447, 1958

Lewin, L. — Gifte und Vergiftungen
Karl F. Haug Verlag, Ulm, 1962

Lifshitz, A.
Baker, R.C. — Some physical properties of the egg shell membranes in relation to their resistance to bacterial penetration
Poultry Sci. 43, 527 - 528, 1964

Lifshitz, A.
Baker, R.C.
Naylor, H.B. — The relative importance of chicken egg exterior structures in resisting bac - terial penetration
J.Food Sci. 29, 94 - 99, 1964

Lott, B.D.
Reece, F. — Effect of ambient air moisture and tem - perature on egg shell breaking strength
Poultry Sci. 60 (1), 142 - 144, 1981

Lucas, T.E.
Kumer, M.C.
Kleven, S.H.
Pommeroy, B.S. — Antibiotic treatment of turkey hatching eggs preinfected with Salmonella
Avian Dis. 14, 455 - 462, 1970

Masshof, W.
Stolpman, H.J. — Licht- und elektronenmikroskopische Un - tersuchungen an der Schalenhaut und Kalkschale der Hühnereier
Zschr.Zellf. 55, 818 - 832, 1961

Matthes, S.
Hanschke, J.
Experimentelle Untersuchungen zur Über - tragung von Bakterien über das Hühnerei
Berl. Münchn. Tierärztl. Wsch. 90, 200 - 203, 1977

Miller, H.T.
Feeney, R.E.
Immunochemical relationships of protein of avian egg whites
Arch.Biochem.Biophys. 108, 117, 1964

Miller, W.A.
Crawford, L.B.
Some factors influencing bacterial pene - tration of eggs
Poultry Sci. 32, 303 - 309, 1953

Moschlin, S.
Klinik und Therapie der Vergiftungen
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1980

Müller, H.
Ständige Maßnahmen zur Verhütung und vor - beugende Bekämpfung der Krankheiten des Geflügels
Produktion von Eiern und Broilern
Dt. Landwirtschaftsverlag, 1966

Naber, E.C.
Biggert, M.D.
Effect of heating on generation of cho - lestrol oxidation products in egg yolk
Poultry Sci. 59 (2), 1642 - 1642, 1980

Payawal, S.R.
Lowe, B.
Stewart, G.F.
Pasteurization of liquid egg products
2. Effect of heat treatment on appearence and viscosity
Food Research 11, 246 - 260, 1946

Peel, B.
Simmons, G.C.
The effect of dazomet on salmonellas on artificially contaminated eggs
Australian Vet.Journal 52, 220 - 223, 1976

Phillips, C.R.
Warshowsky, B.
Chemical disinfectants
Ann.Rev.Microbiol. 12, 525 - 550, 1958

Pietzsch, O.
Salmonella
Handbuch der bakteriellen Infektionen bei Tieren
Hrsg. Blobel u. Schließer, Bd. III, 344 - 432, Gustav Fischer Verlag, Jena, 1981

Rewo, M.W.
Shukowa, M.D.
Veterinärmedizinische Mikrobiologie
Gustav Fischer Verlag, Jena, 1963

Rizk, S.S.
Ayres, J.C.
Kraft, A.A.
Effect of holding condition on the development of salmonellae in artificially inoculated hens' eggs
Poultry Sci. 45, 825 - 828, 1966

Rohde, R.
Rejall, R.
Die Bestrahlung von vollfrischen Trinkeiern mit ultraviolettem Licht
Monatshefte f.Vet.Med. 15, Sonderheft 2, 54, 1960

Rolle M.
Mayr, A.
Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1978

Romanoff, A.L.
Romanoff, A.J.
The avian egg
John Wiley and Son Inc. New York
Chapman and Hall, London, 1949

Saif, Y.M.
Nestor, K.W.
Mc.Cracken, K.E.
Tylosin Tartrat absorption of turkey and chicken eggs dipping using pressure and temperature differentials
Poultry Sci. 49, 1641 - 1649, 1970

Sauter, E.A.
Peterson, C.F.
The effect of egg shell quality on microbial penetration of eggs
Poultry Sci. 46, 1316, 1967

Savov, D.
Das Eindringen von Salmonellen und Coli - bakterien in Hühnereier
Vet.Med.Nauki 7, Nr. 6, 23 - 28, 1970

Scheibner, G.
Fehlhaber, K.
Untersuchungen über die Inaktivierung von Mikroben auf der Schalenoberfläche aussortierter Hühnereier
Monatshefte f. Vet.Med. 6, 226 - 230, 1977

Schmidt-Lorenz, W.
Bedingungen zur Abtötung von Salmonellen in Trockenvollei
Lebensmittelhyg. 10, 84, 1959

Scholtyssek, S.
Handbuch der Geflügelproduktion
Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1968

Schwarz, R.
Neurand, K.
Die Bedeutung der Schalenhautmorphologie in Enteneiern für eine Besiedelung mit Salmonellen
Dt. tierärztl. Wschr. 79, 431 - 440, 1972

Seidemann, W.E.
Cotterill, O.J.
Funk, E.M.
Factors Affecting Heat Coagulation of Egg White, Contributions from the Missouri Agricultural Experiment Station Journal Series, No. 2469, 1962

Shimada, K.
Matsushita, S.
Thermal Coagulation of Egg Albumin
J.Agr.Food Chem. 28, 409 - 412, 1980

Simkiss, K.
Egg Quality. A study of the hen's egg
Oliver and Boyd, Edinburgh

Simkiss, K.
Taylor, T.G.
Shell Formation
Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl, edited by Bell and Free - man, Vol. 3, 1331, 1971

Simmons, E.R.
Ayres, J.C.
Kraft, A.A.
Effect of moisture and temperature on ability of salmonellae to infect shell eggs
Poultry Sci. 49, 761 - 768

Simons, P.C.M.
Wiertz, G.
Notes on the structure of membranes and shell in the hen's egg
Zschr.Zellf. 59, 555 - 567, 1963

Sinell, H.J.
Einführung in die Lebensmittelhygiene
Paul Parey Verlag, Berlin-Hamburg, 1980

Sittig, M.
Handbook of toxic and hazardous chemi - cals
Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, 1981

Slavkov I.
Vapcarova, M.
Mechanizum na infektirane kokosite jaca sus salmoneli
Ref. in: Landwirtschaftl.Zbl., Abt. 4, Vet.Med. 16, Nr. 8, 1665, 1971

Slosberg, H.M.
Hanson, H.L.
Stewart, G.F.
Lowe, B.
Factors influencing the effects of heat treatment on the leaving power of egg white
Poultry Sci. 27, 294 - 301, 1948

Snoeyenbos, G.H.
Carlson, V.L.
Gentamycin efficacy against Salmonellae and Arizonae in eggs as influenced by administration route and test organism
Avian Dis. 17, No. 4, 675 - 682, 1973

Speck, J.
Produktion mykoplasmafreier Küken durch Wärmebehandlung von Bruteiern
Archiv f. Geflügelkunde 1, 22 - 27, 1974

Steigmann, F.
Dolehide, R.A.
Gastritis management of early and late cases
New Engl.J.Med. 254, 981 - 986, 1956

Stokes, J.L.
Osborne, W.W.
Bayne, H.G.
Penetration and growth of Salmonella in shell eggs
Food Res. 21, 510 - 518, 1956

Stutz, L.
Leitfaden der prakt. Desinfektion u. Sterilisation
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1968

Tomlins, R.J.
Ordal, Z.J.
Thermal Injury in Bacteria
Inhibition and Inactivation of Vegeta - tive Microbes, 153 - 184,
Academic Press, London, New York, 1976

Vadehra, D.V.
Baker, R.C.
Naylor, H.B.
Infection routes of bacteria into chicken eggs
J. Food Sci. 35, 61 - 66, 1970 a

Dieselben — Role of the cuticle in spoilage of chicken eggs
J. Food Sci. 35, 5 - 6, 1970 b

Van der Esche, P.
Handloser, H. — Zur Frage der Verbreitung von Salmonellen durch Hühnereier
Z.Hyg.Infektionskr. 145, 304 - 319, 1958

Voeten, A.C. — Die Behandlung von Bruteiern mit der Me - thode des direkten Druckunterschiedes in einer Lösung von Tylosintartrat zur Verhütung einer Ansteckung mit Mycoplasma gallisepticum bei Küken
Tierärztl. Umschau 21, 227 - 230, 1966

Wedral, E.M.
Vadehra, D.V.
Baker, R.C. — Mechanism of bacterial penetration through the eggs of Gallus gallus. 2.Effect of penetration and growth on permeability of the inner shell membrane
J.Food Sci. 36, 520 - 522, 1971

Williams, J.E.
Dillard, L.H.
Hall, G.H. — The penetration patterns of S. typhi - murium through the outer structures of chicken eggs
Avian Des. 12, 445 - 466, 1968

Woernle, H. — Brütereihygiene, Bruteier aus Nutz- und Ziergeflügel, S. 214, v. Scholtyssek, Doll
Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1978

Wolk, J.
Mc. Nally
Spicknall, N.H. — The effect of temperature on bacterial infection of egg shells
Food Technol. 4, 316 - 318, 1950

Wright, G.W.
Frank, J.F.
Penetration of eggs by S. typhimurium
Can.J.Comp.Vet.Sci. 20, 453 - 457, 1956

Wundt, W.
Erkrankungen durch gramneg. sporenlose Stäbchen
Lehrbuch der Medizinischen Mikrobiologie und Infektionskrankheiten, 205
Hrsg. Reploh, Otte; G. Fischer Verlag, Stuttgart, 1961

Yoder, H.W.
Preincubation heat treatment of chicken hatching eggs to inactivate Mycoplasma
Avian Dis. 14, 75 - 86, 1970

Herrn Prof. Dr. J. Kösters danke ich herzlich für die Überlas - sung des Themas und für die Durchsicht der Arbeit.

Den Mitarbeitern des Instituts für Geflügelkrankheiten danke ich für die jederzeit gewährte Unterstützung bei der Durchfüh - rung der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Denk für die stets freundliche Beratung in Bezug auf den physikalischen Teil der Arbeit.

Ebenso möchte ich mich bei den Mitarbeitern des meteorologi - schen Instituts der Universität München für die Bereitstel - lung von Meßinstrumenten bedanken.

8. Lebenslauf

Name:	Silvia Pflüger
geb.:	27.04.1957 in Ansbach/Mfr.
Eltern:	Heinz Pflüger, Erster Polizeihauptkommissar a.D. und Katharina Pflüger, geb. Reif
Schulbesuch:	von 1963 - 1967 Volksschule von 1967 - 1976 Gymnasium
Abitur:	Mai 1976
Studium der Tiermedizin:	von WS 1976/77 bis WS 1981/82 an der Ludwig-Maximilians-Universität München
Tierärztliche Prüfung:	November 1981
Approbation:	Dezember 1981
Durchführung vorliegender Arbeit:	ab Februar 1982